



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
INGENIERÍA MECANICA

**Diseño y construcción de un horno solar para el secado de
madera dirigido a las pequeñas y medianas empresas del sector
madera en Nicaragua**

AUTORES

Br. Eddy Bismarck Guevara Hernández

Br. Julio Alfredo Villegas Castro

TUTOR

Ing. Jhader Exequiel Zuniga Guillen

Managua, 30 de Agosto de 2017.

Resumen

El presente documento plantea proveer una alternativa, para el secado de la madera al Programa Institucional de la Madera (PIMA) y a las pequeñas y medianas empresas (PYMES) del Municipio de Managua, que actualmente utilizan la madera como materia prima, para la fabricación de sus productos; Cabe destacar que las PYMES del sector madera no cuenta con este tipo de tecnología, para superar los problemas ocasionados en uno de los eslabones más importantes de la cadena de valor del sector madera mueble a como lo es el secado.

Se analizó el detalle constructivo de hornos solares para el secado de la madera fabricados en la región, cuyas características son propias para operar en las zonas para las cuales se diseñaron. Se tomó en cuenta la técnica, detalle constructivo, metodología y resultados obtenidos a través de pruebas periódicas realizadas.

Se realizó propuesta del diseño y construcción, para la fabricación de un horno solar el cual está ubicado en el PIMA, analizando los factores que afectan la pérdida de humedad y las variables inmersas en el proceso (temperatura, humedad relativa del aire, humedad de la madera).

Se determinó un procedimiento para la selección de muestras de control del secado manual, para la determinación del contenido de humedad y del peso seco al horno de las muestras de madera, así como el uso de las muestras testigo durante el secado. También se plantean distintos tipos de apilamiento de madera dentro de la cámara de secado, de manera que se optimice en espacio disponible dentro del mismo.

Adicionando, se determinó la transferencia de calor por convección en el colector solar y radiación a través del techo del mismo hacia el interior de la cámara de secado, por otro lado se utilizó la fibra de vidrio como aislante térmico por el bajo costo de inversión y su disponibilidad en el mercado local. Finalmente se espera que el horno solar para el secado de madera que se presenta en el desarrollo de esta tesis, sea utilizado como un modelo para que las PYMES del sector madera resuelvan el problema del secado.

ÍNDICE

Introducción.....	1
Objetivos	2
Antecedentes	3
Justificación.....	4
CAPITULO 1. ENERGIA SOLAR	5
1.1 Definición de Energía Solar	5
1.2 Aprovechamiento de la Energía Solar	6
1.2.1 Energía Solar Térmica	6
1.2.2 Energía Solar Fotovoltaica	8
1.3. Secado Solar.....	9
1.3.1 Secado de la madera	9
CAPITULO 2. TRANSFERENCIA DE CALOR	12
2.1. Transferencia de Calor por Conducción	12
2.2. Transferencia de Calor por Convección	14
2.2.1. Convección Natural	14
2.2.2. Convección Forzada	15
2.3. Transferencia de Calor por Radiación.....	15
2.4. Aislantes Térmicos	17
CAPITULO 3. GENERALIDADES DE LA MADERA.....	20
3.1. Estructura de la madera	20
3.1.2. Duramen	21
3.1.3. Albura (Madera Joven)	21
3.1.4. Líber	22
3.1.5. Cambium.....	22

3.1.6. Corteza	22
3.2. Propiedades físicas de la madera	23
3.2.1. Flexibilidad	23
3.2.2. Higroscopicidad	24
3.2.3. Resistencia al corte	24
3.2.4. Color	25
3.2.5. Veteado	26
3.2.6. Olor	26
3.2.7. Densidad y Peso	26
3.2.8. Homogeneidad	27
3.3. Propiedades mecánicas de la madera	27
3.3.1. Flexión	27
3.3.2. Compresión	27
3.3.3. Torsión	28
3.3.4. Tracción	28
3.3.5. Cizallamiento o cortadura	28
3.3.6. Desgaste	28
3.4. Madera más usadas para muebles en Nicaragua	29
3.5. Anillos de crecimiento	32
3.6. Radios	32
3.7. Grano y textura	33
3.8. Color de la madera después del secado	33
3.9. Variación en la estructura	33
3.10. Factores que afectan la pérdida de humedad en la madera	33
3.10.1. Densidad y peso específico	34

3.10.2. Dimensiones de la madera	35
3.10.3. Estado fitosanitario.....	35
3.10.4. Contenido de humedad inicial (CHI).....	35
3.10.5. Temperatura	36
3.10.6. Humedad relativa	37
3.10.7. La velocidad del aire.....	37
3.10.8. La humedad en la madera	38
3.10.9. Determinación del contenido de humedad de la madera	40
3.11. Muestra para el control de secado de madera.....	42
3.11.1. Control manual.....	42
3.11.2. Control del secado.....	42
3.11.3. Formas de apilar la madera.....	43
3.11.4. Tipos de apilamientos para madera	44
3.11.5. Determinación del contenido de humedad y del peso seco al horno de las muestras.....	47
CAPITULO 4. MÉTODOS DE SECADO DE LA MADERA	51
4.1. Secado natural (al aire libre)	51
4.2. Secado al horno o artificial.....	52
4.3. Clasificación de hornos según su fuente de energía.....	52
4.4. Tipos de hornos solares	54
4.4.1. Clasificación de hornos solares acuerdo a técnicas operacional	54
4.4.2. Clasificación de acuerdo a su temperatura	55
CAPITULO 5. DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DEL HORNO SOLAR	58
5.1. Principio de funcionamiento de horno solar	58
5.2. Posición de la secadora solar	60

5.3. Ubicación	61
5.4. Tamaño y capacidad del secador solar.....	61
.....	62
.....	62
5.5. Sistema de aislamiento.....	62
5.6. Componentes básicos del horno secador	68
5.7. Cimientos.....	75
5.8. Automatización del horno solar.....	75
CAPÍTULO 6. CONSTRUCCIÓN DE HORNO SOLAR	81
6.1. Ubicación	81
6.2. Cimientos.....	83
6.3. Estructura de madera	83
6.4. Paredes y puertas	84
6.5. Ventiladores.....	85
6.6. Colector de temperatura.....	85
6.7. Techo.....	86
6.8. Ventilás	86
7.1. Costos fijos.....	87
7.2 Costos Variables	91
CONCLUSIONES.....	94
RECOMENDACIONES	96
BIBLIOGRAFIA.....	97
GLOSARIO	98
ANEXOS	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos iniciales para cálculo térmico Horno Solar.....	63
Tabla 2. Resumen Meteorológico Departamento Managua año 2015.....	66
Tabla 3. Costo de mantenimiento anual de Horno solar.....	93
Tabla A-4. Propiedades del aire a la presión de 1 atm.....	101
Tabla A-5. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua Correspondiente al Mes de Enero.....	102
Tabla A-6. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua Correspondiente al Mes de Febrero.	103
Tabla A-7. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua Correspondiente al Mes de Marzo.	104
Tabla A-8. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua Correspondiente al Mes de Abril.....	105
Tabla A-9. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua Correspondiente al Mes de Mayo.....	106
Tabla A-10. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua Correspondiente al Mes de Junio.	107
Tabla A-11. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua Correspondiente al Mes de Julio.	108
Tabla A-12. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua Correspondiente al Mes de Agosto.	109
Tabla A-13. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua Correspondiente al Mes de Septiembre.	110
Tabla A-14. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua Correspondiente al Mes de Octubre.....	111
Tabla A-15. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua Correspondiente al Mes de Noviembre.	112
Tabla A-16. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua Correspondiente al Mes de Diciembre.	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-Estructura de la madera.	20
Ilustración 2-Medula y Núcleo de la madera.	20
Ilustración 3-Duramen de la madera.....	21
Ilustración 4-Albura de la madera.....	21
Ilustración 5-Líber de la madera.....	22
Ilustración 6-Corteza.....	22
Ilustración 7-Flexibilidad de la Madera.....	23
Ilustración 8-Resistencia al corte.....	25
Ilustración 9-Algunos colores de maderas.	26
Ilustración 10-Flexion en la madera.....	27
Ilustración 11-Torsión en la madera.	28
Ilustración 12-Cadena Productiva de la Madera.	32
Ilustración 13-Control de peinetas.....	43
Ilustración 14-Apilado tipo castillo.	45
Ilustración 15-Tipo encastillado en cuadrado.....	45
Ilustración 16-Apilado de triangulo.....	46
Ilustración 17-Horno construido en Tecnológico Costa Rica.....	54
Ilustración 18-Partes principales de un horno solar.	59
Ilustración 19-Inclinación de 12 grados con respecto a la horizontal.	60
Ilustración 20-Horno solar 1 m3.....	62
Ilustración 21-Eschema de transferencia de calor en el colector solar.	63
Ilustración 22-Variacion Mensual de la temperatura.	67
Ilustración 23-Variacion de humedad Relativa mensual.....	67
Ilustración 24-Regresion pronóstico de temperatura.	68
Ilustración 25-Techo de horno solar.....	69
Ilustración 26-Ubicacion de colector solar dentro de la cámara de secado.	70
Ilustración 27-Ubicacion de ventiladores dentro de la cámara de secado..	71
Ilustración 28-Eschema software proteus 8.0.....	76

Ilustración 29-Diseño de un circuito electrónico con software Proteus 8.0.	77
Ilustración 30-Diagrama de circuito electrónico asistido con Proteos 8.0..	77
Ilustración 31-Pista electrónica generado por el software Proteos 8.0.	78
Ilustración 32-Ubicacion geográfica Programa Institucional de la Madera.	82
Ilustración 33-Paredes y Puerta de Horno Solar.....	84
Ilustración 34-Ventiladores perfil Interno y Externo.....	85
Ilustración 35-Ventilas Superiores e Inferiores.....	86
Ilustración 36-Horno secador de madera de INATEC.....	90
Ilustración 37-Pliego tarifario INE mes de julio.....	92

Introducción

Es muy importante para las PYMES del sector madera en Nicaragua, aumentar el valor agregado del recurso maderable, sin embargo uno de los principales problemas para este propósito, es el secado de la madera de manera que sea posible fabricar productos de calidad en función de un contenido de humedad óptimo. El secado que tradicionalmente llevan a cabo las PYMES del sector madera-mueble es al aire libre, esto expone la madera directamente a los rayos solares, provocando defectos en la madera tales como decoloración y grietas (Es necesario remover esta capa de madera antes de ser aprovechada). La madera que no es secada adecuadamente y bajo condiciones controladas, presenta defectos durante y después de ser procesada, que luego se verán reflejados como pérdidas económicas.

Una de las alternativas utilizada a nivel mundial para el proceso de secado son los Hornos convencionales, pero los elevados costos en infraestructura, operación y la poca disponibilidad de mano de obra calificada; limitan a las PYMES del sector madera el acceso a esta tecnología, convirtiendo al horno solar como una alternativa de menor costo sin afectar la calidad resultante del proceso de secado.

Ante la necesidad de secar la madera surgió la idea de proponer un diseño de un horno solar que permita a las PYMES Nicaragüenses de este sector aprovechar la energía solar disponible en el país para solucionar el problema del secado. Con esta propuesta se reducirán las pérdidas causadas por un secado inadecuado, permitiendo que el secado de madera sea de mayor eficiencia y eficacia. Esta propuesta tiene gran impacto socioeconómico en nuestro país ya que el diseño cumple con los estándares de calidad de hornos solares, además de esto su construcción se lleva a cabo en corto tiempo y los materiales se encuentran en el mercado local, de esta manera abaratan y agilizan la construcción del mismo.

Objetivos

Objetivo General:

1. Diseñar y construir un horno solar para el secado de madera.

Objetivos específicos:

1. Proponer un diseño constructivo de un horno solar para el secado de la madera, tomando en cuenta estudios previos sobre esta tecnología en la región.
2. Construir un horno solar para el secado de madera en las instalaciones del Programa Institucional de la Madera en la Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua.
3. Analizar los factores relevantes que afecten la pérdida de humedad relacionados con la infraestructura de la madera y las variables consideradas en el proceso de secado.

Antecedentes

Como antecedente del presente trabajo se encuentra el trabajo titulado “Diseño y construcción de un secador solar para madera” de la revista forestal Kuru (Costa Rica) 5 (14), 2008; El cual propone un diseño de horno solar para secar madera mediante el aprovechamiento de la energía solar, pero que su diseño está limitado a trabajar con las condiciones climatológicas presentes en el vecino país y con los materiales disponibles en el mercado local.

En el año 2016 se realizó un horno solar a escala en el Programa Institucional de la Madera (PIMA) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUPAP) de Nicaragua dirigido por el Ing. Jhader Exequiel Zuniga Guillen, el cual ha dado resultados importantes y positivos para el desarrollo del horno solar a gran escala.

Dicho proyecto se presentó en diferentes ferias científicas del país obteniendo buenos resultados de las mismas y mucha aceptación de parte de las PYMES presentes en los eventos, siendo los principales “Feria Tecnológica UNI-IES – Primer Lugar en la categoría Energética”, “Tecno UNI 2016 – Tercer lugar en la categoría Energética”, “CONESCAPAN Guatemala 2016 - Exposición de Proyecto en aprovechamiento de Energías Renovables”, “Clasificación en CLEIN Colombia 2016.”

Finalmente se espera que este proyecto se desarrolle en las pequeñas y medianas empresas del sector madera del municipio de Managua luego se expanda a todo del país, dando así una solución limpia al problema del secado de madera y evitando así pérdidas económicas resultantes de un mal proceso de secado.

Justificación

Las PYMES del sector madera tienen la necesidad de secar la madera antes de procesarla, esto se convierte en un problema por no tener una tecnología adecuada para llevar a cabo una de las etapas más importantes en este tipo de industria a como lo es el secado.

Tradicionalmente la madera es secada al aire libre mediante la exposición directa a la radiación solar, pero esto afecta la calidad de la madera y produce pérdidas innecesarias en el proceso tales como abarquillamiento, arqueaduras, encorvamiento y torceduras, que se reflejan como pérdidas económicas.

Es por eso que se han desarrollado una variedad de hornos convencionales que funcionan a base de energías no renovables (Gas licuado, energía eléctrica, etc.) pero que implican elevados costos de construcción y operación, convirtiendo al horno solar como una alternativa de menor costo y fácil construcción, sin disminuir la calidad del producto resultante en el proceso.

CAPITULO 1. ENERGIA SOLAR

1.1 Definición de Energía Solar

La Energía Solar¹ es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol, es la fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el ser humano ha utilizado desde la antigüedad, puede satisfacer todas nuestras necesidades si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la energía que el sol continuamente derrama sobre el planeta. Aproximadamente el 30 % de la radiación solar entrante (insolación) regresa al espacio, mientras que las nubes, los océanos y las masas terrestres absorben la restante. Incrementando la temperatura de estas.

El aire calentado es el que contiene agua evaporada que asciende de los océanos, y también en parte de los continentes, causando circulación atmosférica o convección. Cuando el aire asciende a las capas altas, donde la temperatura es baja, va disminuyendo su temperatura hasta que el vapor de agua se condensa formando nubes.

El calor latente de la condensación del agua amplifica la convección, produciendo fenómenos como el viento, borrascas y anticiclones. La energía solar absorbida por los océanos y masas terrestres mantiene la superficie a 14 °C. Para la fotosíntesis de las plantas verdes la energía solar se convierte en energía química, que produce alimento, madera y biomasa, de la cual derivan también los combustibles fósiles.

¹ Definiciones ABC. (Junio 2007). Definición de radiación solar [en línea]. [Fecha de consulta: 01 junio 2017]. < <http://www.definicionabc.com/ciencia/radiacion-solar.php>. >.

1.2 Aprovechamiento de la Energía Solar

La radiación solar se puede aprovechar de dos distintas maneras:

1.2.1 Energía Solar Térmica

Se denomina “térmica” la energía solar cuyo aprovechamiento se logra por medio del calentamiento de algún medio portador de calor, para luego ser transferido y aprovechado en distintas maneras. Por ejemplo La tecnología actual permite calentar agua con el calor solar hasta producir vapor y posteriormente obtener energía eléctrica.

A continuación se mencionan algunas aplicaciones de la Energía Solar Térmica.

- Producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS): la principal aplicación de la energía solar térmica es la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) para el sector doméstico y de servicios. El agua caliente sanitaria se usa a una temperatura de 45 °C, temperatura a la que se puede llegar fácilmente con captadores solares planos que pueden alcanzar como temperatura media 80 °C.
- Calefacción de baja temperatura: la energía solar térmica puede ser un complemento al sistema de calefacción, sobre todo para sistemas que utilicen agua de aporte a menos de 60 °C. Para calefacción con aporte solar, el sistema que mejor funciona es el de suelo radiante (circuito de tuberías por el suelo).
- Calentamiento de agua de piscinas: otra de las aplicaciones extendidas es la del calentamiento del agua de piscinas. El uso de colectores puede permitir el ahorro energético en piscinas al exterior alargando el periodo de baño.

Sistema de captación

El sistema de captación es el encargado de almacenar la energía térmica proveniente de la radiación solar para luego ser transferido y aprovechado en los procesos que se aplique este tipo de tecnología.

Está formado por uno o más captadores solares conectados entre sí. Uno de los principales captador más extendido es el captador solar plano que consigue aumentos de temperatura de 60 °C a un coste reducido, está formado por una placa metálica que se calienta con su exposición la radiación solar, este es de color negro de forma que no refleja los rayos del Sol. Normalmente está colocado en un espacio cerrado cubierto de vidrio. Por el interior de este ambiente se hace circular un fluido a través de un serpentín o un circuito de tubos de forma que el calor se trasmite al fluido.

Para las aplicaciones de calentamiento de agua de piscinas se pueden emplear los captadores no vidriados. Estos están formados simplemente por una gran cantidad de diminutos tubos de metal o de plástico dispuestos en serpentín por los que circula el agua. No necesitan un ambiente cerrado ni cubierta de cristal, por esta razón el aumento de temperatura es bajo, en torno a 30 °C. Las pérdidas de calor son grandes lo que limita su aplicación a otro tipo de instalaciones.

Existen también en el mercado los captadores solares de vacío. Consisten en tubos de metal que recubren el tubo metálico que contiene el fluido de trabajo dejando entre ambos una cámara que actúa como aislante. Tienen un rendimiento muy elevado, pero su costo también es elevado.

1.2.2 Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina. Este tipo de energía se usa principalmente para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución, aunque también permite alimentar innumerables aplicaciones y aparatos autónomos, abastecer refugios de montaña o viviendas aisladas de la red eléctrica. Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años.

La energía fotovoltaica no emite ningún tipo de polución durante su funcionamiento, contribuyendo a evitar la emisión de gases de efecto invernadero. La producción se ve afectada asimismo por las condiciones meteorológicas adversas, como la falta de sol, nubes o la suciedad que se deposita sobre los paneles. Esto implica que para garantizar el suministro eléctrico es necesario complementar esta energía con otras fuentes de energía gestionables como las centrales basadas en la quema de combustibles fósiles, la energía hidroeléctrica o la energía nuclear.

Gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el coste de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales, aumentando a su vez la eficiencia, y logrando que su coste medio de generación eléctrica sea ya competitivo con las fuentes de energía convencionales. Nicaragua inauguró en el año 2013 una central de generación de energía solar fotovoltaica de 1,38 megavatios de capacidad instalada, con 5.880 paneles instalados y que beneficio a 1.100 viviendas, ubicada en la comunidad La Trinidad, del municipio de Diriamba.

1.3. Secado Solar

Muchos productos agrícolas requieren un secado post-cosecha para su adecuada conservación hasta que llegan a los centros de consumo. Aun en el caso de los productos que se comercializan en forma fresca, el secado ofrece una alternativa al agricultor cuando existen problemas de transporte o se producen bajas de precio por sobreproducción.

En las regiones industrializadas el bajo costo del combustible permitió hacer varias décadas el desarrollo de procesos de secado artificial en gran escala basados en el uso de combustibles.

En los últimos años, la escasez y mayores precios de los combustibles ha despertado un nuevo interés en el secado basado en el uso de la energía solar, tratando de desarrollar diversas técnicas que permiten solucionar los problemas mencionados en relación al secado al aire libre².

1.3.1 Secado de la madera

La tecnología del secado de madera, estudia el procedimiento de evacuar el agua de la madera, de forma de obtener un producto sin defectos ni alteraciones que no disminuyan su valor y que pueden seguir transformándose sin causar problemas derivados del secado.

Por tal motivo el hombre con el propósito de mejorar las condiciones con las que la madera obtenga las características apropiadas para su utilización y comercialización, ha llevado a la tarea de estudiar la manera de como acelerar su proceso de secado y el mejoramiento de la madera.

²Néstor M. (Febrero 2006). Secado al aire. [En línea]. [Fecha de consulta: 17 mayo 2017]. <
http://webdelprofesor.ula.ve/forestal/moranest/pagina_personal/presentaciones/secado_2.pdf>.

Con el paso del tiempo se ha avanzado en el estudio de diversas formas de secado como es el secado en hornos. Algunos de los problemas son: llegar a una temperatura óptima de secado, que la temperatura se conservara durante un periodo de tiempo prolongado.

Pero una de las grandes problemáticas fue, que nos ayudaría a conservar ese calor generado, para ello se han creado cámaras de secado de diversos materiales aislantes térmicos, cuyo propiedad es la conductividad térmica y que de acuerdo a cada material cambia como es el caso de los metales con una conductividad muy alta que en comparación de los materiales cerámicos su conductividad es muy baja.

La tecnología ha ayudado en la creación y utilización de materiales aislantes sintéticos como el poliuretano y la fibra de vidrio, con una conductividad térmica muy baja al igual que el poliuretano y otros materiales sintéticos.

El proceso de secado de la madera en un horno se controla mediante tres variables: la temperatura, la humedad relativa del aire dentro de la cámara de secado a través de la pila y la velocidad del aire.

Al tener condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire adecuada, el agua que se encuentra en la superficie de la madera comienza a evaporarse y crea una diferencia de presión. Esta diferencia de presión conlleva a que, el agua contenida en el interior de la madera migre hacia la superficie.

La temperatura y humedad relativa, dentro de la cámara de secado, son muy importantes porque al mantenerse constante, definen el Contenido de la Humedad en Equilibrio (CHE), es decir, el contenido de humedad al que se aproxima la madera con condiciones estables de temperatura y humedad relativa.

Un procedimiento adecuado para el secado de la madera es ir reduciendo su contenido de humedad progresivamente, partiendo del concepto de contenido de humedad de equilibrio se dice que para lograr dicha tarea, las propiedades de humedad relativa y temperatura dentro de la cámara deben variar³ de manera adecuada para establecer un CHE próximo al contenido de humedad deseado de la madera. En este caso, el rango de contenido de húmeda (CH) está entre 8% y 14%. Al ser el proceso migratorio del agua en la madera, muy delicado, debido a los esfuerzos que se producen por su extracción, la velocidad del aire que pasa a través de la pila de madera juega un papel muy importante porque define el tiempo de evaporación del agua en la superficie y en su parte interna.

Una de las alternativas en la aplicación del secado de la madera con un bajo costo y amigable con el ambiente es el secado en cámaras solares, el cual utiliza la radiación solar para secar la madera en una cámara de secado. Es muy similar al secado de baja temperatura y el secado al aire, pero con salvedad que se puede conseguir un proceso de secado más óptimo por el solo hecho de controlar ciertas situaciones como el flujo del aire, la captación de la energía por medio de paneles solares (para el movimiento de los ventiladores) y la obtención de energía calorífica por medio de sistema solar.

En experimentos de laboratorios de probetas que se obtienen, han demostrado que mejoran sus propiedades físicas además de la estabilidad⁴, usualmente una gran porción de agua debe ser removida de la madera para que esta pueda ser utilizada adecuadamente, debido a que la madera puede sufrir una serie de complicaciones cuando se utiliza con altos contenidos de humedad, como variar sus dimensiones o su degradación por hongos. Para evitar estas complicaciones la madera debe ser secada, para obtener a partir de su procesamiento los productos deseados.

³ junta de acuerdo de Cartagena. (1989). Manual de secado de madera. Cartagena.

⁴ Cuevas R. y Rojas A. (2006). Ensayos experimentales, Resistencia de la madera. México. Pág. 21.

CAPITULO 2. TRANSFERENCIA DE CALOR

La transferencia de calor es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperatura. Siempre que exista una diferencia de temperaturas en un cuerpo o entre cuerpos, debe ocurrir una transferencia de calor, el mismo se transfiere del medio con mayor temperatura hacia el de menor temperatura hasta el equilibrio térmico.

Los fenómenos de la transferencia de calor tienen un papel muy importante en los procesos industriales, tanto en la producción y conversión de la energía como es el caso de la generación de energía eléctrica mediante fusión nuclear, donde intervienen procesos de conducción de radiación y convección en sistemas como calderas condensadores y turbinas. La transferencia de calor también influye fuertemente en el clima local y global, en la contaminación del aire y del agua. Para el secado de madera la transferencia de calor es un factor crítico a consideraren el proceso.

2.1. Transferencia de Calor por Conducción

La transferencia de calor por conducción es el proceso por el que la energía térmica se transfiere mediante colisiones moleculares adyacentes dentro de un material. La rapidez o razón de la conducción de calor a través de un medio depende de la configuración geométrica de éste, su espesor y el material de que esté hecho, así como de la diferencia de temperatura a través de él.

En 1822, el matemático francés Joseph Fourier dio una expresión matemática precisa que hoy se conoce como ley de Fourier⁵ de la conducción del calor. Esta ley afirma que la velocidad de conducción de calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo.

⁵ Puig Adam P., (1950), Curso teórico-práctico de ecuaciones diferencias aplicado a la Física y Técnica. Biblioteca Matemática, págs. 300-303.

Ley de Fourier:

$$\dot{Q}_{cond} = KA \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

Dónde.

.

\dot{Q}_{cond} : Flujo de calor por conducción

K: conductividad térmica del material.

A: Área de transferencia de calor perpendicular a la dirección del flujo de calor.

ΔT : Diferencial de temperatura.

ΔX : Espesor del material.

El factor de proporcionalidad se denomina conductividad térmica del material. Los materiales como el oro, la plata o el cobre tienen conductividades térmicas elevadas y conducen bien el calor, mientras que los materiales como el vidrio o el amianto tienen conductividades cientos e incluso miles de veces menores; conducen muy mal el calor, y se les conoce como aislantes.

La conductividad térmica **k** es una medida de la capacidad de un material para conducir calor. Por ejemplo, k: 0.607 W/m · °C, para el agua, y k: 80.2 W/m · °C, para el hierro, a la temperatura ambiente, indica que el hierro conduce el calor más de 100 veces más rápido que el agua. Por tanto, se dice que el agua es mala conductora del calor en relación con el hierro, aun cuando el agua es un medio excelente para almacenar energía térmica⁶.

⁶ Yunus C. (2007). Transferencia de Calor y Masa, 3ra edición, México. McGraw-Hill. págs. 19-21.

2.2. Transferencia de Calor por Convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección.

A pesar de la complejidad de la convección, se observa que la rapidez de la transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y calcula mediante la aplicación de la ley de Newton del enfriamiento que menciona lo siguiente:

$$\dot{Q}_{conv} = hA(T_s - T_{\infty})$$

Dónde.

.

\dot{Q}_{conv} : Flujo de calor por convección.

h : coeficiente de transferencia de calor por convección, en W/m² · °C o Btu/h · ft².

A : Área superficial de transferencia de calor.

T_s : Temperatura de la superficie.

T_{∞} : Temperatura del fluido.

En la convección existen dos tipos de transferencia de calor estos son:

2.2.1. Convección Natural

La fuerza motriz procede de la variación de densidad en el fluido como consecuencia del contacto con una superficie a diferente temperatura, lo que da lugar a fuerzas ascensoriales, El fluido próximo a la superficie adquiere una velocidad únicamente a esta diferencia de densidades, sin ninguna influencia motriz exterior.

2.2.2. Convección Forzada

Tiene lugar cuando una fuerza motriz mueve un fluido sobre una superficie que se encuentra a una temperatura mayor o menor que la del fluido. Esa fuerza motriz exterior puede ser un ventilador, una bomba, el viento, etc.

Como la velocidad del fluido en la convección forzada es mayor que en la convección natural, se transfiere, por tanto, una mayor cantidad de calor para una determinada temperatura.

2.3. Transferencia de Calor por Radiación

La transferencia de calor por conducción y convección requiere la presencia de un gradiente de temperatura en alguna forma de materia. Por el contrario, la transferencia de calor mediante radiación térmica no requiere de materia.

Todas las formas de materias emiten radiación solar para gases y para sólidos semitransparentes, como vidrio y cristales de sal a temperaturas elevadas, la emisión es un fenómeno volumétrico, es decir la radiación que emerge de un volumen finito de materia es el efecto integrado de la emisión local de a través del volumen.

En la mayoría de los sólidos y líquidos, la radiación emitida desde las moléculas interiores es fuertemente absorbida por las moléculas contiguas. Esta radiación que se emite en un sólido o líquido se originan moléculas que están a una distancia de aproximación 1 micra de la superficie expuesta. Alternativamente la radiación se puede ver como la propagación de ondas electromagnéticas. Se le atribuye a la radiación las propiedades características de las ondas, frecuencia v y longitud de onda λ para radiación que se propaga en un medio particular.

La energía transferida por radiación a través de superficies paralelas puede calcularse mediante la siguiente expresión.

$$Q_{rad} = \frac{A_s \sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1}$$

Donde:

Q_{rad} : Transferencia de Calor por radiación.

ϵ : Coeficiente de emisividad.

T_1 : Temperatura interior del aire.

T_2 : Temperatura exterior del aire.

A_s : Área superficial de transferencia de calor.

Prácticamente toda la radiación emitida a baja temperatura por los objetos del invernadero es de este tipo de longitud de onda y permanece atrapada en el invernadero. Por esto, el vidrio permite que entre mucha más radiación que la que puede escapar, produciendo de este modo el familiar efecto de calentamiento. La radiación solar absorbida por los objetos del invernadero debe finalmente cederse a los alrededores por convección desde las paredes exteriores del invernadero.

En el espectro de radiación del sol, se ha señalado que la mayor parte de la energía solar se concentra en la región de longitudes de onda cortas. Como consecuencia de este espectro, las superficies reales tienen propiedades de absorción considerablemente distintas para la radiación solar y para la radiación (terrestre) de longitud de onda larga

2.4. Aislantes Térmicos

Un aislante térmico es un material usado en la construcción y en la industria, caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que el calor traspase los separadores del sistema que interesa (como una vivienda o una nevera) con el ambiente que lo rodea.

En general, todos los materiales ofrecen resistencia al paso del calor, es decir, son aislantes térmicos. La diferencia es que de los que se trata tienen una resistencia muy grande, de modo, que espesores pequeños de material presentan una resistencia suficiente al uso que quiere dársele.

El nombre más correcto de estos sería aislante térmico específico. Se considera que son aislantes térmicos específicos aquellos que tienen una conductividad térmica, $\lambda < 0,08 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$ ⁷.

Uno de los mejores aislantes térmicos es el vacío, en el que el calor sólo se transmite por radiación, pero debido a la gran dificultad para obtener y mantener condiciones de vacío se emplea en muy pocas ocasiones.

En la práctica se utiliza mayoritariamente aire con baja humedad, que impide el paso del calor por conducción, gracias a su baja conductividad térmica, y por radiación, gracias a un bajo coeficiente de absorción.

Existe también un fenómeno denominado “Fenómeno de cuerpo oscuro” el cual establece que un cuerpo de color oscuro almacena mayor parte de energía térmica que la que almacenaría un cuerpo de color blanco o claro con las mismas dimensiones. Este principio es uno de los cuales se aplican en el colector de temperatura del horno solar debido a su color negro mate⁸.

⁷ Yunus C. (2007). Transferencia de Calor y Masa, 3ra edición, México. McGraw-Hill. págs. 860-861.

⁸ Yunus C. (2007). Transferencia de Calor y Masa, 3ra edición, México. McGraw-Hill. págs. 721-731.

Determinación del aislante adecuado para secadores solares

Se analizarán los siguientes aislantes térmicos en base a sus propiedades de conductividad térmica, densidad, su temperatura de operación, haciendo comparaciones entre ellos para determinar el aislante óptimo para el horno de secado.

Espuma de poliuretano

- Densidad. 40 Kg/m³
- Calor específico: 1,674 J/(Kg °K)
- Conductividad térmica: 0.029 W/(m °K)
- Rango de temperatura de operación: -210 °C a 120 °C

El poliuretano es un polímero orgánico formado por reacción de un polio (un alcohol con más de dos grupos reactivos hidroxilo por molécula) con un disocianato o un isocianato polimérico en presencia de catalizadores y aditivos adecuados. Los poliuretanos son espumas flexibles utilizadas en los colchones, recubrimientos resistentes a químicos, adhesivos y selladores, aislamiento de edificios y aplicaciones técnicas, como intercambiadores de calor, tubos de refrigeración y entre otros, posee un elevado costo.

Poliestireno

- Densidad: 35 Kg/m³
- Calor específico: 670 J/(Kg °K)
- Conductividad térmica: 0.157 W/(m °K)
- Rango de temperatura de operación: -50 °C a 75 °C

El poliestireno expandido no es higroscópico, a diferencia de lo que sucede con otros materiales del sector del aislamiento y embalaje, incluso sumergido el material completamente en el agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilantes entre 1% y el 3% en el volumen.

Con respecto al extremo superior el límite de temperatura de uso se sitúa alrededor de los 100 °C para las acciones de corta duración, y alrededor de los 80 °C para las acciones continuadas.

Lana de vidrio

- Densidad :100-200 Kg/m³
- Calor específico: 670 J/(Kg °K)
- Conductividad térmica: 0.036-0.04 W/(m °K)
- Rango de temperatura de operación : -30 °C a 540 °C

La fibra de vidrio se conforma de hebras delgadas hechas a base de sílice o de formulaciones especiales de vidrio, extruidas a modo de filamentos de diámetro diminuto. La fibra de vidrio se utiliza comúnmente como material aislante térmico debido a su alta proporción de superficie respecto al peso. Sin embargo, la mayor superficie hace mucho más susceptible al ataque químico por el atrapamiento del aire dentro, los bloques de fibra de vidrio hacen un buen aislamiento térmico, con una conductividad térmica del orden de 0,05 W/(m.K). También se utiliza como agente de refuerzo para muchos productos poliméricos, para formar un material compuesto muy fuerte y ligero denominado plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Ofrece una excelente resistencia contra ambientes corrosivos, incluidos suelos, agua salada, H₂S y aplicaciones químicas. La fibra de vidrio dura más tiempo. La fibra de vidrio es económica y no perjudica al medio ambiente.

Para el horno solar secador de madera se seleccionó fibra de vidrio como aislante principal debido a sus propiedades aislantes térmicas, bajo peso, flexibilidad, capacidad de adaptarse a los espacios interiores de las paredes, además de fácil acceso en el mercado nacional con proveedores de confianza como HOPSA y SILVA INTERNACIONAL S.A (SINSA) que capacitan a los clientes en instalación de la misma.

CAPITULO 3. GENERALIDADES DE LA MADERA

3.1. Estructura de la madera

La madera es la sustancia fibrosa y celulosa que componen el tronco y las ramas de un árbol. Desde tiempos remotos la madera se ha usado en la construcción, como un material eficiente, debido a las ventajosas características y propiedades que posee. Examinando una sección de adentro hacia fuera de un tronco de árbol, distinguimos 5 partes principales: medula o núcleo, duramen, albura, liber y corteza.

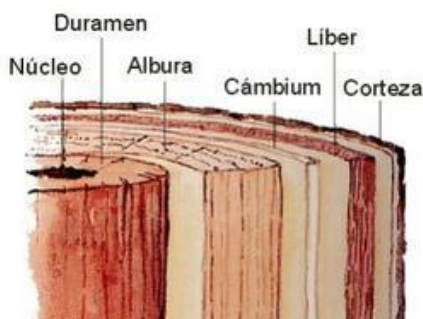


Ilustración 1-Estructura de la madera.

Es el centro del árbol y de las ramas, fue el vástago joven que dio origen al árbol. Está formada de células muertas nada útil como madera. Tiene un diámetro aproximado de 1cm, como el grosor de un lápiz.

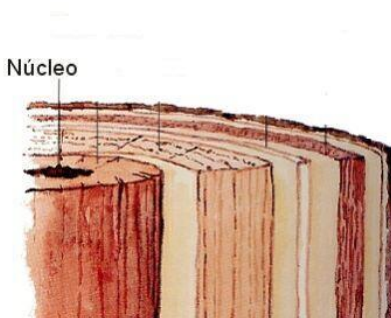


Ilustración 2-Medula y Núcleo de la madera.

3.1.2. Duramen

Es la madera propiamente dicha, está constituida por tejidos que han llegado a su máximo desarrollo y resistencia, no transporta savia; debido a que sus células han endurecido, le sirve de apoyo al árbol y le da más resistencia al ataque de los insectos, hongos, golpes a la intemperie.(Fig. 5)

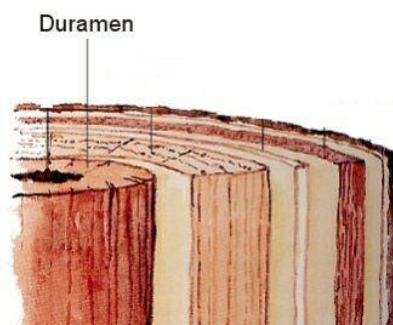


Ilustración 3-Duramen de la madera.

3.1.3. Albura (Madera Joven)

Rodea la masa de madera o duramen, está en período de elaboración, es menos duro y de color más bajo que el duramen, la albura transporta savia, es húmeda y blanda y es más susceptible al ataque de los insectos.

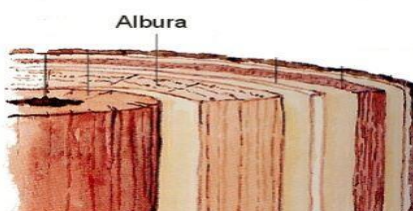


Ilustración 4-Albura de la madera.

3.1.4. Líber

Es un tejido muy delgado colocado debajo de la corteza y encima del cambium y su función es transportar savia. En el líber encontramos elementos para materiales de construcción como azúcares y almidón. Es impermeable al agua.

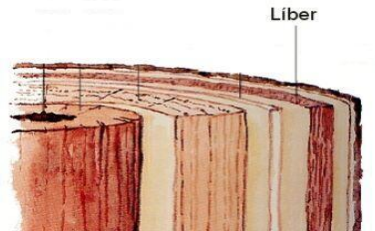


Ilustración 5-Líber de la madera.

3.1.5. Cambium

Existe otra capa llamada cambium que es un conjunto de células que comúnmente le llamamos la resina del árbol, que anualmente endurece y se convierte en madera nueva (albura).

3.1.6. Corteza

Tejido impermeable que recubre al líber y sirve de protección al árbol. Está formado por células que protegen al árbol de agentes externos como insectos.

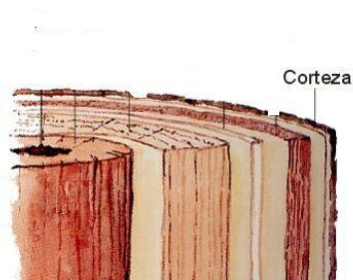


Ilustración 6-Corteza.

3.2. Propiedades físicas de la madera

El árbol como todo ser viviente, crece y se desarrolla en distintos climas y tipos de terreno; pueden ser terrenos secos, húmedos, lugares cálidos o fríos. El lugar donde se desarrolla el árbol, determina sus propiedades físicas y mecánicas.

Todas las maderas desarrollan estas propiedades, pero veamos realmente que el lugar influye mucho en este aspecto. Por ejemplo: La caoba del pacífico es fuerte, dura y resistente a las herramientas; la caoba del norte es suave, liviana y menos resistente, fácil de trabajarla.

3.2.1. Flexibilidad

Es la capacidad de la madera para cambiar su forma sin dañar su estructura o quebrarse. Para aumentar su flexibilidad se puede tratar con vapor de agua. Esta propiedad se aprovecha en la producción de muebles curvados como sillas y de instrumentos musicales por ejemplo las guitarras, mediante la aplicación de fuerzas en un molde para darla la forma necesaria a las piezas de madera.

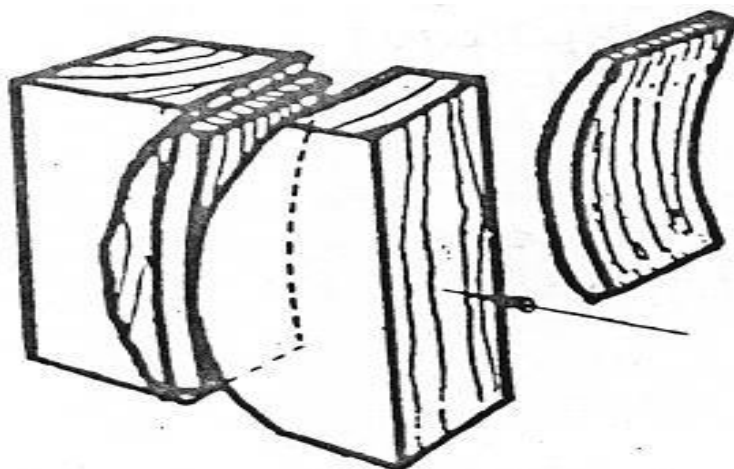


Ilustración 7-Flexibilidad de la Madera.

3.2.2. Higroscopicidad

Es una propiedad de la madera que le permite intercambiar humedad con el medio en que se encuentra, si la madera se encuentra con una mayor humedad relativa que el medio en que se encuentra, la madera sedera humedad al medio. Si en caso contrario la humedad relativa de la madera es inferior a la del medio en que se encuentra, la madera adsorberá humedad del medio.

Cada vez que la madera cede agua, disminuye su volumen. Esta disminución le llama contracción. Si la madera admite agua, aumenta su volumen le llaman hinchazón. La contracción e hinchazón varían según la dirección de la madera. La relación se hace con lo largo, ancho y grueso de la madera en proporción de 1 a 10-20. Quiere decir, que si el trabajo de la madera (contracción o hinchazón) se nota en un 0,3–0,5% en el largo de una pieza, en su ancho se nota por 3–5% y en el grueso en un 6–10%.

La madera no actúa uniformemente a los cambios de volumen. Se debe a que la densidad y la capacidad de absorber agua varían según los grupos celulares que componen la madera. Las capas exteriores del árbol son tiernas, recientes y esponjosas, más que las capas interiores; por eso asimilan y ceden más agua. Esto provoca un re-apretamiento de fibras y vasos al secarse y por consiguiente una retracción.

3.2.3. Resistencia al corte

La dureza o resistencia al corte, depende de la cohesión de las fibras y su estructura y consiste en la mayor o menor dificultad puesta por la madera a la penetración de clavos o tornillos, a ser trabajada con el cepillo o el formón.

Según la dureza de la madera, estas pueden clasificarse en:

- Durísimo: ébano, encina.
- Duras: roble, cerezo, caoba.
- Semiduras: nogal, castaño, cedro macho.
- Blandas: pino, abeto, pochote, Guanacaste.

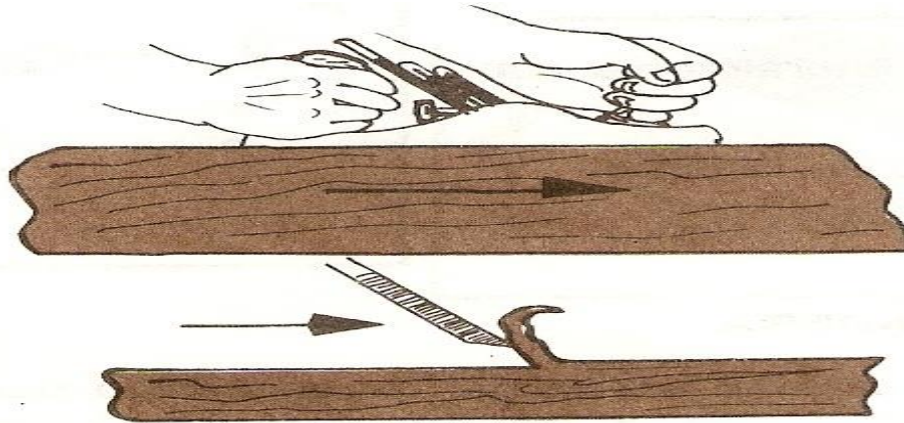


Ilustración 8-Resistencia al corte.

3.2.4. Color

El color de la madera varía, según la especie, desde unas tonalidades claras a otras más oscuras y exóticas. No obstante, en todos los casos, el efecto de la luz solar sobre este material provoca un cambio en el color. Mientras las maderas claras tienden a oscurecerse, en las maderas oscuras ocurre generalmente lo contrario.

En principio, esta variación de color es un fenómeno natural, aunque en ocasiones se produce porque la madera es atacada por hongos microscópicos. Es lo que se conoce como azulado de la madera, ya que adquiere un tono de estas características. Sin embargo, cuando se produce una exposición a la intemperie la madera tiende a adquirir un tono grisáceo. productos que, en lugar de crear una capa sobre la madera, penetran en ella y la protegen desde el interior.



Ilustración 9-Algunos colores de maderas.

3.2.6. Olor

El olor puede servir para diferenciar diversas especies de madera. Algunas poseen un olor agradable o desagradable, como el Laurel, el Guanacaste, el Pino, el Cedro Real y el Guayabo negro.

3.2.7. Densidad y Peso

El peso de la madera depende de su humedad. En condición anhidrida todas las maderas tienen casi el mismo peso porque tienen la misma constitución (célula y lignina). Este peso oscila entre 1,41 g/cm³ y 1,56 g/cm³; esto es el peso específico real.

El peso específico aparente incluye los vacíos que hay en la madera y las sustancias de infiltración. El peso específico o densidad debe ser referida a determinado contenido de humedad, así tenemos: peso específico verde, p. Específico anhidrido, p. e. seco al aire y p. E. básico, todo se expresa en gr/cm³ ó kg/m³.

3.2.8. Homogeneidad

Una madera es homogénea, cuando su estructura y la composición de sus fibras resulta uniforme en cada una de sus partes.

3.3. Propiedades mecánicas de la madera

Estas dependen principalmente del grado de humedad que contenga la madera y de su densidad o peso específico. Entre las principales propiedades mecánicas de la madera.

3.3.1. Flexión

Es el trabajo impuesto a una pieza de madera, la cual descansando sobre dos apoyos, soporta un peso uniformemente repartido en su longitud o situado solo en un punto, o sobre varios puntos.

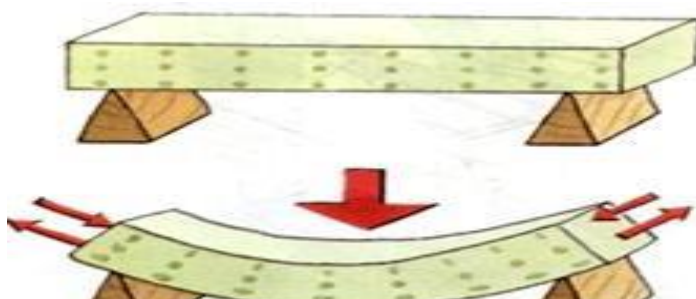


Ilustración 10-Flexión en la madera.

3.3.2. Compresión

Se denomina compresión a la resistencia debida a la acción de una fuerza que tiende a aplastar la madera. Este aplastamiento es mayor en el sentido perpendicular a las fibras de la madera y es menor en el sentido axial de la testa.

3.3.3. Torsión

Es la resistencia que pone a su deformación una pieza de madera fija por un extremo, que sufre un giro normal a su eje, debido a una fuerza ejercida por un brazo de palanca en su extremo libre.

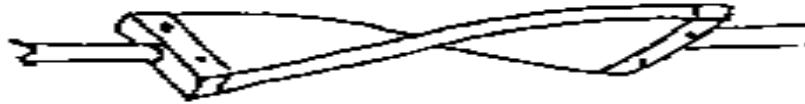


Ilustración 11-Torsión en la madera.

3.3.4. Tracción

Es la resistencia provocada por la acción de dos fuerzas de signo contrario, que tienden a romper la pieza de madera, alargando su longitud y reduciendo su sección transversal.

3.3.5. Cizallamiento o cortadura

Es el esfuerzo que oponen las diversas moléculas de una pieza a la acción de las fuerzas paralelas, que tienden a cortar la sección transversal de la madera.

3.3.6. Desgaste

Las maderas sometidas a un roce o a una erosión, experimentan una pérdida de materia, llamada desgaste.

3.4. Madera más usadas para muebles en Nicaragua

Las especies maderables utilizadas con mayor frecuencia por el ebanista para la fabricación de muebles⁹, son:

Caoba

Madera de color café rojiza, textura madera fina, alto lustre natural, muy buena para trabajarla, toma un excelente acabado. Utilizada para columnas, puertas, vigas y construcciones coloniales.

Cedro Macho

Posee una albura estrecha de 2cm a 5cm. Es de color café, textura mediana y grano entrelazado. Se trabaja en marcos para puertas, construcciones en general.

Cedro Real

El diámetro del árbol oscila entre 50cm y 1m. Su color es rojo café, su textura es fina; se trabaja con facilidad, toma buen acabado. Es usado para puertas, enchapados, tallados, torneados, etc.

Guanacaste

Su madera es suave y liviana. Su color es café con marcas oscuras, textura gruesa, grano encontrado difícil de cepillar; el olor es desagradable, el aserrín causa irritación nasal. Se utiliza para interiores de construcciones de vivienda

Laurel

Presenta una albura de 2 a 8cm bien definida; su color café es variable. Su textura es moderadamente fina y su grano normalmente es recto. Fácil de trabajar puertas, marcos, molduras y toma un buen acabado

⁹ PRAMECLIM. (2007). Manual para el participante de tecnología de la madera y materiales. Nicaragua. Pág. 43.

Pochote

Su madera es suave y liviana de color rosado pálido, posee un alto lustre natural, toma un buen acabado, utilizada para enchapados, puertas, ventanas, gabinetes, y muebles en general.

Pino Ocote

Son de especie de coníferas, son de tronco recto y cilíndrico. Su densidad es mediana. Posee un duramen bien definido. Su color es pálido amarillento Posee anillos medulares con alta definición. Sus especies son resinosas; son muy útiles en construcción y carpintería y también en pisos. Sirve para todo tipo de muebles por su vistosidad y acabado.

El sector madera mueble en Nicaragua es explotado a través de diferentes grupos u organizaciones y así mismo existen instituciones que regulan la tala de bosques dividiéndose en cinco eslabones fundamentales según la función estos se presentan a continuación:

Productores y Productoras (Primer eslabón)

Conformados por dueños de comunidades indígenas y explotaciones privadas. Es el eslabón responsable del manejo de extracción de bosques reposición del recurso a través del manejo forestal y el establecimiento de plantaciones forestales. De manera particular, las comunidades comercializan la madera con un mínimo de valor agregado.

El principal interés de los productores en los aspectos de desarrollo forestal, destacan temas como: viveros forestales, plantaciones y manejo de bosque natural, sistemas agroforestales, educación ambiental, control de incendios y producción de leña. En otro orden, están interesados en capacitación de temas especializados tales como captura de carbono y certificación de bosques.

Procesadores (Segundo eslabón)

Este eslabón es el encargado de la primera transformación de la madera, integrado por los aserraderos formalmente constituidos y autorizados por el Instituto Nacional Forestal (en adelante INAFOR) y fabricantes de plywood, pisos de madera.

Comercializadores de madera aserrada y transformada (Tercer eslabón)

Conformado por los comercializadores locales nacionales y exportadores de madera aserrada, plywood, pisos, muebles y artesanías de madera.

Prestadores de servicios a la cadena (Cuarto eslabón)

Dentro de la cadena, se encuentran proveedores de servicios más utilizados por los anteriores eslabones que se encargan de brindar servicio de transporte, secado y capacitaciones referentes a la madera.

Fabricantes de muebles y productos elaborados (Quinto eslabón)

Son todos los micros y pequeñas empresas que se dedican a la fabricación transformación y procesamiento de la madera. Entre ellos: PYMES, fabricantes de muebles, productos de la construcción como puertas, ventanas, ebanistería, talleres de artesanos, carpinterías y mueblerías.

La mayor concentración de talleres de carpintería y ebanistería del país se encuentran en los departamentos de Masaya, Managua, Estelí, Chontales, Granada, Matagalpa según el Instituto Nacional Forestal (INAFOR).



Ilustración 12-Cadena Productiva de la Madera.

3.5. Anillos de crecimiento

La madera aserrada radial o tangencialmente responde de manera diferente al secado. Así, la cortada tangencialmente (0-45 °C) es menos susceptible al colapso, se contrae y se dilata menos en espesor y seca más rápido que la de corte radial, mientras que la de corte radial contrae y se dilata menos en el ancho y tiene menos torceduras, abarquillamiento y grietas superficiales que la de corte tangencial.

3.6. Radios

Debido a que los radios son débiles y secan más rápido que las células de alrededor, usualmente acurren grietas en los extremos, en la superficie y cerca de ellos. Especies tales como el cedro, con radios grandes, requieren especial cuidado durante las primeras etapas de secado.

3.7. Grano y textura

La madera de grano recto es más fácil de secar que la madera de grano entrecruzado o en espiral como la caoba que es más difícil de secar sin que ocurran alabeos. La madera de grano grueso o basto seca más rápido que la madera de grano fino, y la madera de grano uniforme desarrolla menos defectos de secado que la madera de grano no uniforme.

3.8. Color de la madera después del secado

Las maderas de color claro generalmente se oscurecen con el secado, especialmente cuando se aplican altas temperaturas. Pero esto se puede volver beneficioso cuando se desea oscurecer la albura para obtener un mejor color y en este caso se usa vaporización antes del secado.

3.9. Variación en la estructura

La madera aserrada contiene variaciones en la estructura, tales como grano entrecruzado, nudos, madera de reacción, madera juvenil entre otros.

El grano en espiral, diagonal, entrecruzado contrae más en sentido longitudinal que el grano recto, tales maderas pueden presentar arqueaduras, torcedura y encorvadura durante el secado. La madera juvenil y la de reacción también contraen más en sentido longitudinal que la normal y de igual manera pueden suceder arqueaduras, torcedura y encorvadura y cuando es restringida puede fracturarse y formar grietas transversales en la madera aserrada.

3.10. Factores que afectan la pérdida de humedad en la madera

Se ha comprobado, que la madera al secarse mejora sus propiedades tecnológicas, por eso es que prácticamente todas las maderas reciben un acondicionamiento físico antes de su empleo. La eliminación del agua obedece a diversos propósitos, algunos de los cuales, son indispensables para conseguir la buena calidad de los productos acabados.

Cualquiera que sea el método empleado para secar la madera, debe tenerse en cuenta, que en este proceso se producen cambios que pueden originar anomalías capaces de cambiar radicalmente el principio básico de la técnica del secado, el cual no sólo se limita a secar la madera, sino que considera fundamental el hecho de que no se produzcan defectos que desvaloricen a la madera, además de tener en cuenta la rapidez y economía del secado

3.10.1. Densidad y peso específico

La densidad es una característica de gran interés en el secado. En general se puede decir que cuando más densa es la madera más difícil es de secar. Cuanto mayor sea el peso específico mayor será la cantidad de madera seca por unidad de volumen de madera verde.

Así, al mismo contenido de humedad, maderas con peso específico alto contiene mayor cantidad de agua y requieren más tiempo de secado que maderas con peso específico bajo. De esta manera el peso de la madera depende de su peso específico y de su contenido de humedad.

El peso verde de 1 m³ de madera pues puede ser calculado por la fórmula:

$$P_v = \frac{Pe(CH + 100)Da}{100}$$

Dónde:

Pe= Peso específico

CH= Contenido de Humedad

Da= Densidad del agua

Por ejemplo el peso verde de 1 m³ de una especie con el peso específico 0.4 a 75% de contenido de humedad es 700 Kg. El peso seco al horno (sustituyendo el contenido de humedad por cero en la fórmula) es 400 Kg.

Es decir, hay 300 kg de agua presente. A un peso específico de 0.6 igualmente a 75 % de contenido de humedad, el peso verde es 1050 Kg. El peso seco al horno 600 kg por lo tanto el peso del agua es 450 kg, así hay 150 kg de agua mas a 0.6 de peso específico que 0.4.

3.10.2. Dimensiones de la madera

El tiempo de secado varia en forma exponencial con el espesor, por lo que al secar la madera se debe clasificar principalmente por el espesor. En cambio el largo y ancho de una pieza de madera no son determinantes en el comportamiento de la madera durante el secado.

3.10.3. Estado fitosanitario

Muchas maderas susceptibles al ataque de hongos e insectos sufren daños tan severos, en el estado verde que no vale la pena secarlas. La única manera de conservar la calidad de estas maderas es un tratamiento profiláctico de las trozas en el bosque inmediatamente después de ser cortadas y después de ser aserradas un baño profiláctico (anti manchas más insecticidas).

3.10.4. Contenido de humedad inicial (CHI)

La humedad inicial está en función de la época de corte y la acción del medio ambiente sobre la madera. CHI muy variados dificultan el secado, es recomendable en lo posible seleccionar lotes con contenidos de humedad homogéneos.

Contenido de humedad final (CHF)

Depende del uso final que se le valla a dar posteriormente.

3.10.5. Temperatura

Recordemos que es necesario la aplicación de algún tipo de energía calorífica para poder evaporar el agua de la madera y estos son requerimientos van en aumento a medida que progresa el secado, con el fin de liberar el agua de las grandes fuerzas higroscópicas con las cuales es retenida en la madera.

La velocidad de evaporación depende a su vez de la gran cantidad de energía suministrada por unidad de tiempo y de la capacidad del medio (aire) para absorber la humedad liberada por la madera¹⁰.

El suministro de calor en el secador es necesario para calentar la madera, evaporar la humedad de la madera, calentar el aire frío que entra al secador y reemplazar la pérdida de calor que absorbe la estructura del secador.

El método óptimo del secador depende sobre todo de las especie, espesor contenido de humedad inicial y del uso final de la madera a secar. Además es importante tomar en cuenta que la temperatura, conjuntamente con la humedad relativa son los elementos que determinan el clima dentro del secador y el contenido de humedad de equilibrio de la madera.

Como norma general las mayores economías durante el secado se obtienen cuando se trabaja con las máximas temperaturas que puedan resistir la madera, puesto que el calor acelera la difusión de la humedad desde el interior de la pieza hacia su superficie. Mientras que bajas temperaturas son aplicadas para secar maderas en las cuales pueden presentarse defectos como decoloración, exudado de resina y nudos sueltos al aplicar altas temperaturas.

¹⁰ Hewitt, (2007). Manual técnico de secado de madera. México. pág. 15.

3.10.6. Humedad relativa

La humedad del aire es un factor importante para el control del contenido de humedad de la manera particularmente en aquellos casos que es necesario controlar la evaporación en las superficies de la misma, así la humedad relativa afectan el gradiente de humedad y la contracción de la madera por lo tanto tiene una relación directa con los esfuerzos al interior de la pieza que puede coincidir a la aparición de defectos como torceduras y rajaduras.

La humedad relativa dentro de la cámara de secado generalmente se controla mediante un sensor y controlador de humedad, en los secadores computarizados se controla el contenido de humedad de la cámara mediante un sensor envía la señal al programa principal.

La humedad relativa del aire afecta directamente la humedad de la madera, es decir si la HR del aire de ingreso a la cámara aumenta también aumenta la humedad de la madera en el interior de la misma.

La humedad relativa del aire y en consecuencia la humedad de la madera está fuertemente está influenciada por la temperatura. El aire caliente necesita una cantidad mayor de agua para saturarse que el frío y por lo tanto puede absorber mayor cantidad de agua de la madera. Según la junta de Cartagena en 1989, el rango de contenido de húmeda en la madera óptimo para ser trabajada está entre 8% y 14%.

3.10.7. La velocidad del aire

El aire dentro de la cámara puede circular por gravedad (ventilación natural) o por medio de ventiladores que producen una ventilación forzada con el objeto de aumentar la velocidad del aire y con ellos acelerar el secado de la madera.

La velocidad del aire dentro del apilamiento de madera tiene como funciones principales: transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en la madera facilitando así su evaporación y transportar la humedad saliente de la madera.

La capa limite que existe entre la madera y el aire juega un papel importante en el secado de la madera cuando menor sea espesor de esta capa más rápida será la remoción de la humedad que se encuentre en la superficie de la madera.

Al igual la velocidad del aire desempeña un papel importante en las primeras etapas de secado sobre todo cuando la madera está muy húmeda ($CH > 30\%$). A mayor velocidad de aire mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado y viceversa, es importante destacar que una buena ventilación es sinónimo de un buen secado ya que juega un papel muy importante al principio del ciclo sobre la velocidad del secado y al final sobre la homogeneidad en el contenido de la humedad de las piezas de madera en la pila.

Experimentalmente se ha demostrado que se obtienen condiciones óptimas de secado en la mayor parte de los casos cuando el aire circula en las pilas a una velocidad de 2 m/s. Si se utiliza velocidad de mayores sin un debido control puede comprometerse la calidad de la madera por cuanto se acelera considerablemente la tasa de evaporación de agua generándose un gradiente de humedad muy alto entre las superficies de la madera y su parte interna.

3.10.8. La humedad en la madera

Cuando el árbol esta recién cortado, su madera contiene gran cantidad de agua, variando el contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal. El agua contenida en la madera se encuentra bajo diferentes formas (agua libre, agua de saturación o higroscópica y agua de constitución).

El agua libre se encuentra ocupando las cavidades celulares o lumen de los elementos vasculares, dándole a la madera la condición de verde. La cantidad de agua libre que puede contener una madera está limitada por su volumen de poros.

Al iniciarse el secado, el agua libre se va perdiendo fácilmente por evaporación, ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento que ya no contiene más agua de ese tipo. En este punto la madera está en lo que se denomina “Punto de saturación de las fibras” (PSF). Cuando la madera ha alcanzado esta condición, sus paredes están completamente saturadas pero sus cavidades están vacías.

Durante esta fase de secado, la madera no experimenta cambios dimensionales, ni alteraciones en sus propiedades mecánicas. Por tal razón, el PSF es muy importante desde el punto de vista físico-mecánico y de algunas propiedades eléctricas de la madera.

Para la mayoría de las especies el equilibrio higroscópico esta entre el 8 y 14% de contenido de humedad, dependiendo del lugar donde se realiza el secado. La madera seca al aire libre solo puede alcanzar estos valores de contenido de humedad de equilibrio. Para obtener contenidos de humedad menores, debe acudir al secado artificial para eliminar el resto de agua higroscópica.

El agua de constitución forma parte de la materia celular de la madera y que puede ser eliminada utilizando las técnicas normales de secado. Su separación implica la destrucción parcial de la madera.

3.10.9. Determinación del contenido de humedad de la madera

La determinación del contenido de humedad en la madera se hace considerando solo los valores de agua libre y de saturación. Es decir, que en la práctica, la madera se considera totalmente seca cuando al secarla en estufa a 103 ± 2 °C alcanza peso constante.

El contenido de humedad se define como el peso de la cantidad de agua presente en una pieza de madera, expresado en función del peso de esa pieza en condiciones seca al horno o anhidra. Su valor se expresa en porcentaje y se calcula por medio de la siguiente formula:

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Dónde:

CH= Humedad de la madera expresada como el porcentaje de su peso anhidro

PH= Peso de la madera en estado húmedo o peso inicial

PS= Peso de la madera en estado anhidro; peso final o constante.

Para determinar el contenido de humedad en la madera existen numerosos procedimientos, siendo los más aceptados el método de secado en estufa y los métodos eléctricos que utilizan detectores de humedad.

El método de secado en estufa es el más exacto y el único científicamente satisfactorio para determinar el agua contenido en la madera. El éxito en la aplicación de este método depende de la correcta selección de muestras o probetas de desecación, las cuales deben ser representativas del lote de madera objeto de evaluación.

El procedimiento es el siguiente.

Obtención de las probetas o muestras de control

De la pieza o tabla se corta un listón transversal de 15 a 20 cm. De espesor en la dirección del grano y a unos 50 cm del extremo de la pieza. Las muestras deben estar sanas y libres de defectos.

Determinación del peso húmedo o peso inicial

Inmediatamente después de cortadas, las probetas debe pesarse en balanzas con una precisión de 0.1 g para aquellas que pesan 100 gr o más y de mayor sensibilidad para probetas más pequeñas.

Secado de las probetas hasta peso constante

Luego se introducen las probetas en la estufa para proceder con el secado. Se recomienda el uso de estufas con termostato regulable para mantener la temperatura a 103 ± 2 °C y con buena circulación de aire.

Determinación del peso seco (peso constante)

Para determinar el momento en que las probetas alcanzan peso constante, se hacen pesadas intermedias con el fin de observar la disminución del peso.

Después del secamiento, las probetas deben secarse lo más rápidamente posible para evitar que absorban humedad del aire. De igual manera, para eliminar cualquier variación deben enfriarse en un ambiente absolutamente seco, que puede ser un desecador con cloruro de calcio o pentóxido de fósforo.

3.11. Muestra para el control de secado de madera

3.11.1. Control manual

A medida que la madera se va secando, desarrolla esfuerzos que siguen un patrón asociado con los cambios de humedad. Como no es posible medir la humedad de toda la madera durante el proceso, es necesario acudir a muestras representativas de la carga. Estas muestras se colocan dentro de la pila, de forma que se puede determinar su contenido de humedad periódicamente.

Si bien es necesario dañar algunas piezas de madera para obtener las muestras y se requiere tiempo y trabajo para efectuar el control, estos inconvenientes son recompensados por las ventajas que ofrece poder controlar la humedad durante el proceso. Entre esta, es importante mencionar.

Indica la velocidad del secado permiten detectar fallas que afectan la eficiencia de las cámaras sirven para ajustar el programa de secado y los cambios climáticos indican la necesidad de tratamiento de recuperación o acondicionamiento y la duración de ellos ayudan a reducir los tiempos de secado y a mejorar la calidad permiten controlar el contenido de humedad final ayudan a determinar los horarios del secado.

Estas ventajas se resumen en economía, madera libre de esfuerzos y humedad final uniforme.

3.11.2. Control del secado

Una manera fácil y eficaz de controlar el desarrollo correcto del secado es el control de peinetas. A 50cm del extremo de una tabla seca se corta una hoja de 2cm. A ésta se le hace unos cortes y después de ½ hora se puede ver en la deformación de los tenedores o peinetas las fallas del secado

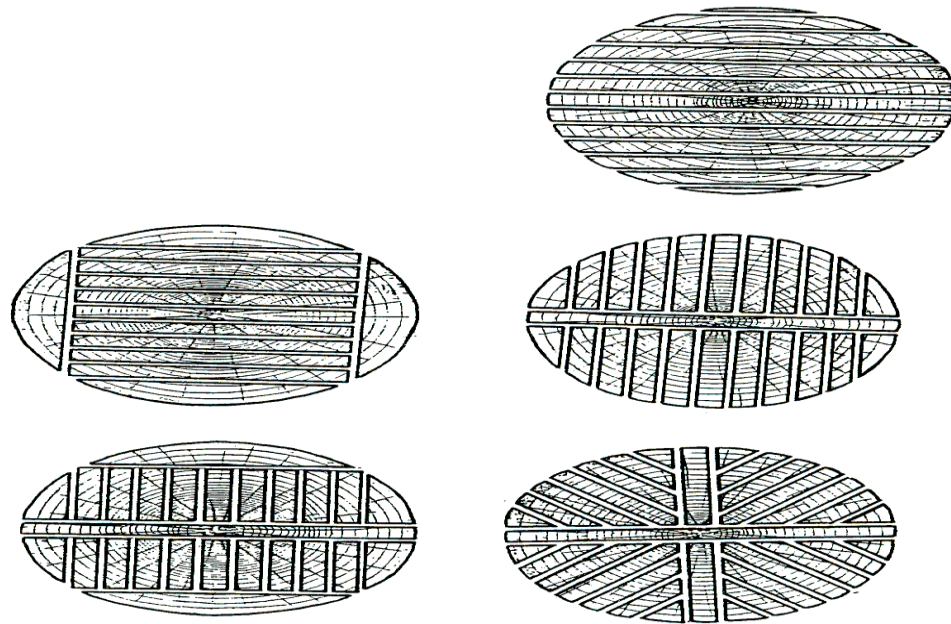


Ilustración 13-Control de peinetas.

3.11.3. Formas de apilar la madera

El almacenamiento de la madera debe hacerse estando limpia, para ello debe almacenarse durante su proceso de secado en:

- Un patio limpio que permita la circulación del aire.
- Un espacio suficientemente amplio para organizar bien el encastillado o apilado de madera, la cual debe tener de 1 a 2 m. de ancho, con una altura razonable.
- Bases de concreto u otro material sobre las cuales se ponen cuartones secos, antes de apilar la madera.
- Ubicar suficientes separadores (polines) seco, que sobresalgan al ancho de la madera a apilar o almacenar, lo cual sirve de protección

Los separadores facilitan la circulación del aire entre la madera. Su tamaño depende del espesor de la madera a apilar para secar, si se quiere un secado normal o lento estos son uniformes en tamaño y bien secos para garantizar un buen secado protege las pilas de madera de la lluvia ayudando acortar el tiempo de secado y así aumentar su durabilidad.

Existen varios tipos de apilamientos o encastillados, en estos deben colocarse piezas de madera de la misma especie y tamaño, para facilitar un secado uniforme. Los separadores se deben colocar una sobre otros en línea vertical para generar un peso constante y prevenir torcedura de la madera, debe tenerse el cuidado de que el lado derecho de la tabla esté hacia arriba¹¹.

3.11.4. Tipos de apilamientos para madera

La construcción de la pila del horno es de importancia primordial. Aún si todos los demás factores son perfectos, su falla representará, con seguridad, la degradación del material en forma de combaduras, revirado o torceduras, rajaduras en extremos y desigual contenido de humedad en las piezas. La pila debe estar bien alineada vertical y horizontalmente, tipos de apilados mostrados a continuación.

Apilado castillo común o de caja

Tiene forma de rectángulo, entre las capas de madera están los separadores, el apilado inicia a una altura de 30 cm a un metro, así el aire circula en todas las direcciones con un pequeño desnivel para mejorar la circulación del aire.

¹¹ Fernández, J. 1998. Manual de Secado de Maderas. Québec - Canadá. Centro de Investigación Forestal (CIFOR - INIA). Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho. págs. 150-152.

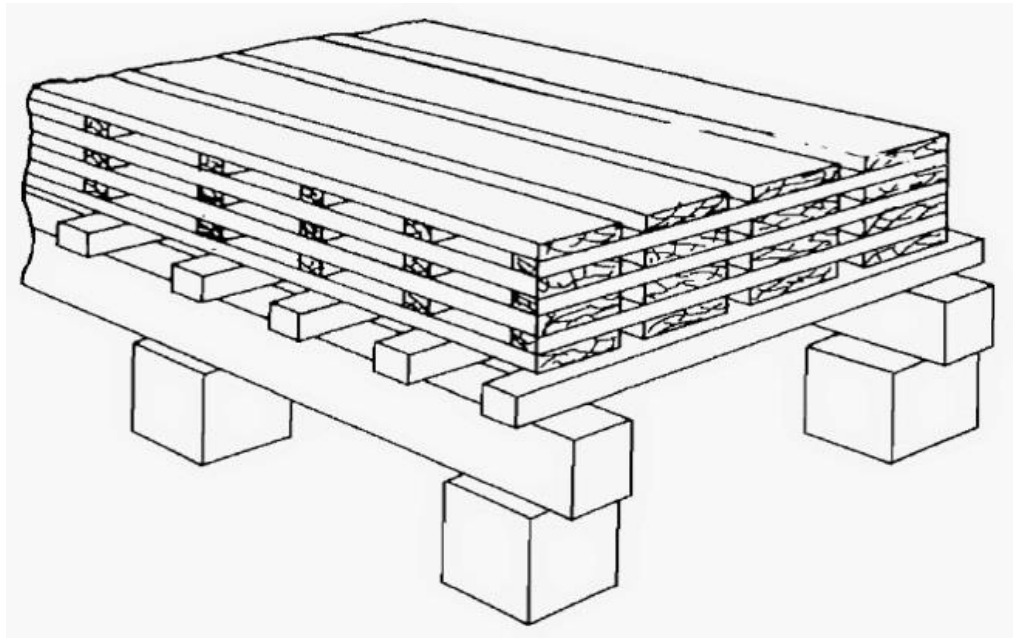


Ilustración 14-Apilado tipo castillo.

Apilado encastillado cuadrado

No se usan separadores, las capas de madera se colocan alternadas, Ventaja que posee: aprovecha el volumen de la madera y la de grano espiralado se mantiene sin torceduras.



Ilustración 15-Tipo encastillado en cuadrado.

Castillo con forma de triángulo rectángulo

Su objetivo es conseguir un secado en el menor tiempo posible, se realiza de manera dispareja, dado que queda más humedad en los extremos de las maderas o cabezas. Es aplicable a tablas de poco largo, si son demasiado largas tienden a deformarse. No requieren separadores.

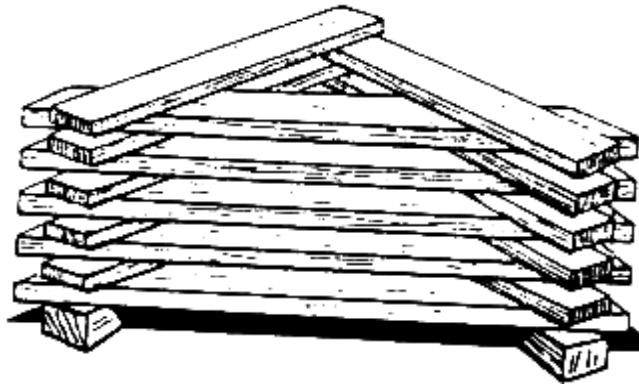


Ilustración 16-Apilado de triángulo.

Separadores¹²

Los separadores deben ser de un espesor uniforme, entre 12 mm y 25 mm, los más delgados se usan cuando se quiere disminuir la tasa de secado de la madera. Se prefieren anchos entre 25 mm y 37 mm, Los separadores deben estar exactamente alineados en dirección vertical y espaciados hasta 60 cm, uno del otro en la misma fila.

Estas precauciones son necesarias para evitar el combado y revirado de las piezas (que ocurren si los separadores no están correctamente colocados a lo largo de la carga), o los bloqueos al paso del aire entre las filas de la carga cuando los separadores tienen espesor irregular.

La primera y la última fila de separadores deben estar lo más cerca posible de los extremos de las tablas para evitar el voladizo, que ocasiona el agrietamiento y rajado de los extremos.

¹² Hoheisel y colaboradores. 1989. Manual del Grupo Andino para el Secado de Maderas. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima.

3.11.5. Determinación del contenido de humedad y del peso seco al horno de las muestras

El contenido de humedad de secado se obtiene del promedio de las dos probetas cortadas de cada uno de los dos extremos, utilizando el sistema de secado en estufa. Para tal efecto, después de cortadas, las probetas se limpian marcan y pesan; luego se colocan dentro de una estufa con temperatura de 103 ± 2 °C hasta obtener peso constante; se determina su contenido de humedad según la formula.

Inmediatamente después de cortada, la muestra de secado se limpia, se codifica, se sella en sus dos extremos con un producto impermeabilizante y resistente a la temperatura y se pesa. Dicho peso corresponde al peso inicial o verde de esa muestra.

El peso final o peso seco al horno (PSH) de la muestra se calcula en función de su peso inicial y su respectivo contenido de humedad (CH promedio de las probetas) utilizando la fórmula de CH convenientemente despejada:

$$PSH = \frac{Ph}{CH + 100} \times 100$$

Donde PSh es el peso inicial de la muestra testigo.

Ejemplo:

Calcular el peso seco al horno de la muestra testigo, siendo su peso inicial de 5.12 Kg, utilizando el contenido de humedad promedio calculado de las secciones de humedad 1 y 2.

$$PSH \text{ de la muestra} = \frac{5.12 \text{ Kg}}{62.22 + 100} \times 100 = 3.156 \text{ Kg}$$

Colocación de las muestras de secado en las pilas

Una vez que las muestras testigos han sido cortadas, revestidos sus extremos y pesadas, se colocan en las cargas o paquetes de madera aserrada durante las operaciones de apilado. Dado que las muestras testigos representan al lote que se está secando, deben estar expuestas a las mismas condiciones de secado, ya que de otra manera darán una indicación falsa del porcentaje de contenido de humedad de la carga.

El uso de las muestras testigo durante el secado

Cuando el secado avanza, las condiciones climáticas de la cámara varían tomando como base el porcentaje de humedad de las muestras que se pesen depende de la velocidad de pérdida de humedad: cuanto más rápida sea la pérdida, más frecuente serán las pesadas.

Pero inmediatamente se realiza la pesada, las utilizan para hacer pruebas intermedias de humedad y controles de tensión mediante pruebas de tenedor. Para determinar el CH actual de una muestra, se requieren dos pesos: el peso actual y el peso seco al horno calculado. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$CH \text{ actual} = \frac{Ph - Psh}{Psh} \times 100$$

Donde el Ph es el peso actual de la muestra y PSH es el PSH calculado de la muestra.

Así, si el peso seco al horno calculado de la muestra es 3.156 Kg y su peso actual es 4.52 Kg. El porcentaje de humedad actual será:

$$CH \text{ actual} = \frac{4.52 - 3.156}{3.156} \times 100 = 43.22 \%$$

Después de otro día secado esta muestra puede pesar 4.20 Kg. El CH actual de la muestra entonces sería:

$$CH \text{ actual} = \frac{4.20 - 3.156}{3.156} \times 100 = 33.08 \%$$

Cuando el contenido de humedad actual se utiliza para controlar la aplicación de un programa de secado, cada cambio de etapa se hace cuando el contenido de humedad promedio de las muestras es igual al contenido de humedad fijado por el programa.

A través del uso de estas muestras se pueden calcular el peso que tendrá la misma cuando tenga cierto contenido de humedad. Empleando la fórmula:

$$Pa = \frac{Psh(CH + 100)}{100}$$

Ejemplo: calcular el peso de la muestra anterior cuando alcance un CH de 10 %.

$$Pa = \frac{3.156 \text{ Kg}(10 + 100)}{100} = 3.472 \text{ Kg}$$

Sucede con frecuencia que algunas muestras no siguen el ritmo de pérdidas de humedad del resto. Si se descarta el mal funcionamiento de la cámara, se puede suponer entonces que el cálculo inicial del peso seco fue erróneo.

En tales casos, conviene proceder a recalcular dicho peso de la forma siguiente: recortar una porción de 10 a 15 cm en uno de los extremos, sacar una probeta de unos 25 mm y sellar el extremo resultante para luego pesar la muestra sobrante; con la probeta de humedad obtenida volver a obtener el CH y con este recalcular el nuevo peso seco de la muestra que servirá para el control del secado.

Esta prueba se aconseja realizarla cuando se haya alcanzado un 20 % de CH o cuando se estime que se ha llegado a la humedad final, antes del acondicionamiento.

Para algunas maderas propensas al colapso y endurecimiento es conveniente hacer un chequeo de tensiones cuando su contenido de humedad ha llegado al punto de saturación de las fibras.

En tal caso, se procede de la siguiente forma: a una distancia de 10 a 15 cm de uno de los extremos de la muestra se cortan dos probetas de 25 a 30 cm de ancho; una de las probetas se utiliza para determinar el contenido de humedad y la otra para efectuar la prueba de tenedor. La muestra testigo recortada debe presentarse para calcular su nuevo peso seco al horno.

CAPITULO 4. MÉTODOS DE SECADO DE LA MADERA

Existen diferentes métodos de secado de madera utilizados hoy en día, los cuales los podemos agrupar en dos categorías: secado natural o al aire libre y secado artificial.

4.1. Secado natural (al aire libre)

Es el sistema de secado más sencillo, está influido por las condiciones climáticas. Para lograr un secado adecuado se necesita tiempo y un apilado correcto de tablas y cuarterones. Con el uso del secado natural se obtiene un 15% de humedad de la madera. Por ser un secado muy lento, es usado como pre-secado de la madera y así se evitan las grietas producto de la exposición directa a los rayos solares.

La madera se apila en un espacio amplio, sea piso de tierra o ladrillo y se deja secar al aire libre por medio de la incidencia de los rayos solares y del viento.

Ventajas del secado natural de la madera

- Sin costo de energía.
- Ningún equipo se utiliza para el secado.
- Provee las existencias de maderas más necesarias.
- Es un proceso de secado lento.

Desventajas del secado natural de la madera

- Se pierde calidad en la madera por la exposición de la madera a la radiación solar directa (rajaduras, torceduras, y cambios de color).
- Se expone la madera al ataque de hongos, mohos e insectos.
- Es necesario remover la capa de madera expuesta a la radiación.
- No es posible controlar la humedad, velocidad del viento y temperatura.

Secado bajo techo

Es el primer paso para controlar la influencia del clima y reducir las pérdidas económicas ocasionadas por un proceso inadecuado de secado. La madera no es expuesta a la radiación solar directa, es apilada bajo una estructura techada pero sin paredes, esto para permitir el paso del aire a través de la pila de madera y obtener un secado uniforme en la misma.

Este proceso de secado puede aumentar su eficiencia si se coloca un sistema de ventilación forzada para aumentar la velocidad del aire, y acelerar el proceso de secado

.

4.2. Secado al horno o artificial

Un horno secador de madera es una gran estufa en la cual se seca la madera. El objetivo del secado es acelerar el proceso de eliminación de la humedad. El apilado de la madera aserrada es el mismo que para secarla al aire libre, con la diferencia que se tiene un ambiente cerrado, donde se pueden controlar las condiciones a las cuales se someterá la carga de madera para ser secada.

4.3. Clasificación de hornos según su fuente de energía

El secado de la madera requiere de energía para ser realizado. Esta se puede obtener de diferentes fuentes, ya sean naturales o artificiales. Su elección se realizara, principalmente de acuerdo a las necesidades del proceso y a los recursos disponibles.

Por lo general, se busca una fuente de energía que resulte económica, que entregue la cantidad de energía necesaria para realizar el proceso de secado en el tiempo y en las condiciones óptimas determinadas para cada caso en particular, que sea lo menos contaminante posible, que esté disponible y que no tenga dificultades de abastecimiento.

Los hornos utilizados en el proceso de secado de madera se pueden clasificar según la fuente de energía que estos utilizan para llevar a cabo el secado.

Hornos de Combustión

Son cámaras cerradas construidas generalmente de metal, en las cuales se quema un combustible (gas, derivados del petróleo, carbón, etc.) para generar calor y mantenerlo dentro del mismo. Su construcción es un proceso muy complejo y están disponibles en el mercado a un alto costo, generalmente usados en los procesos industriales. Los costos de operación son elevados y emiten gases contaminantes para el medio ambiente durante el proceso.

Hornos eléctricos

A diferencia de los hornos de combustión, estos utilizan energía eléctrica para calentar resistencias las cuales calientan por convección y radiación el interior de la cámara de secado. Estas no emiten gases contaminantes a la atmosfera dado que no se quema un combustible en la misma, haciéndolos ideales para funcionar en espacios cerrados, pero tienen altos costos de operación.

Hornos Solares

Los hornos solares son cámaras o compartimientos cerrados de pared aislante y tienen la capacidad de operar con energía totalmente limpia ya que trabaja solamente con la radiación proveniente del sol sobre la superficie de la tierra. Su costo de operación es despreciable y el mantenimiento de los mismos un bajo costo.



Ilustración 17-Horno construido en Tecnológico Costa Rica.

4.4. Tipos de hornos solares

En la industria del secado de madera se ha llegado a la creación de distintas formas de secar la madera, para esto se han diseñado distintos tipos de secadores solares que tiene como función principal el mejorar las condiciones de secado y reducir el tiempo de este proceso. Los distintos tipos de hornos se clasifican de acuerdo a su técnica operacional y a su temperatura.

4.4.1. Clasificación de hornos solares acuerdo a técnicas operacional

Hornos continuos (progresivos)

Este tipo de hornos se usan en procesos continuos de grandes volúmenes de producción. Consisten en un largo túnel por el que circulan los paquetes de madera y se caracterizan porque entra por un extremo del horno en estado verde y es movida a través del hasta salir por el extremo del horno, con el contenido de humedad final requerido.

A medida que la madera avanza por el túnel, el clima dentro del horno es controlado para proporcionar una atmosfera progresivamente más caliente y con menor humedad, de acuerdo con el programa de secado.

Hornos de compartimentos

Este tipo de hornos es el más usado. Consiste en una capa hermética en la que se introduce la carga de madera encastillada de forma descrita para el secado en horno. Al contrario de los hornos continuos la madera permanece inmóvil. Las condiciones ambientales son homogéneas en la totalidad de la cámara, son cambiadas y reguladas según lo establecido para el procedimiento a medida que avanza el proceso.

La calefacción de estos hornos es mediante una batería de radiadores constituidas por tubos con aletas, recorridos por un fluido térmico. La humedad relativa se controla por des-humificadores, además por la apertura y cierre de ventilas.

En este tipo de hornos, la madera es cargada directamente dentro de él, ya sea por grúas, montacargas u otro medio, terminado el secado la madera es sacada de la cámara de igual forma.

4.4.2. Clasificación de acuerdo a su temperatura

Hornos de baja temperatura

El secado en hornos a baja temperatura se realiza en cámaras cerradas, en las que las condiciones ambientales son reguladas y permanecen constantes durante toda la operación. La madera se encastilla según los procedimientos descritos para el secado de madera en hornos.

Este tipo de horno funciona a un máximo de 45⁰C, siendo 25 y 30⁰C los valores de temperatura más usados, la energía que se requiere se puede obtener de fuentes naturales o artificiales. El sistema de calefacción más usado es el de tubería de agua caliente o vapor a baja presión. El aire es forzado a pasar por las pilas de madera con ventiladores.

Hornos de temperatura normal o tradicional

Estos son ampliamente utilizados, constan con un sistema de ventilación, calefacción y humificación para regular las condiciones dentro de la cámara. El método de secado consiste en impulsar el aire con los ventiladores para que atraviesen el sistema de calefacción y humificación, para que luego pase por las pilas de madera.

A medida que el aire circula va transmitiendo calor a estas y recogiendo humedad de la superficie de las piezas. Por tanto, a la salida de las pilas el aire está más frío y húmedo que a la entrada. Cuando el aire sale de las pilas de madera es absorbido por los ventiladores para seguir el ciclo.

Hornos de altas temperaturas (mayor a los 100⁰C)

El secado a alta temperatura es un método menos usado que el anteriormente mencionado. Su característica principal de estos hornos es el corto tiempo de operación que se logra.

El principio de funcionamiento de estos hornos consiste en pre-calentador la madera con temperatura de bulbo húmedo lo más cerca posible a los 100 ⁰C, cuando toda la madera se ha nivelado en esta condición, se incrementa rápidamente la temperatura del bulbo seco, cuyo máximo dependerá de las características de la madera que se esté secando.

Debido a las severas condiciones que la estructura de la cámara debe soportar, los materiales con los que se construye deben ser persistentes a la corrosión, deben tener un alto grado de aislamiento para no desperdiciar energía en compensar las excesivas pérdidas de calor. Los requerimientos de calor grandes, del orden de las 30,000 Kcal. /hora por cada metro cubico de capacidad útil de la cámara de secado.

CAPITULO 5. DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DEL HORNO SOLAR

5.1. Principio de funcionamiento de horno solar

El utilizar la energía solar para secado de madera es un método muy económico, el diseño de los hornos solares debe estar pensando con el fin de poder captar la mayor cantidad de energía solar, por lo que generalmente se diseñan con una inclinación que permite que los rayos solares incidan en el techo del horno en un ángulo de 90° .

En el secado solar, la radiación de onda corta¹³ penetra la cubierta transparente, la que puede ser de vidrio o plástico, para llegar a la lámina absorbente o colector de temperatura, la que aumenta su temperatura y transmite el calor a la atmosfera dentro del horno, donde queda atrapado.

Existen perdidas de calor por la absorción del vidrio y de las paredes del secador, las que aumentan a medida que aumenta la velocidad del viento dentro de la cámara. Se pueden aminorar dentro del horno y recuperando el calor de los ductos de salida de aire. Además, se debe considerar una buena aislación, la que se puede hacer con fibra de vidrio, paredes solidas de ladrillo con aislamiento por espacio de aire o con espuma, dentro de los métodos más usados.

Los hornos solares retienen el calor proveniente de la radiación solar dentro de la cámara de secado, que es el espacio comprendido entre sus paredes, techo y la base de concreto o loza de concreto.

El principio de funcionamiento de una secadora solar es simple. Una vez que el aire se calienta a lo interior de la secadora, ese aire se pone a circular entre la madera gracias a un sistema de ventiladores.

¹³ Eumetcal. (Mayo 2003). Concepto de onda corta. [En línea]. [Fecha de consulta: 11 julio 2017]. <
<http://www.eumetcal.org/euromet/spanish/nwp/n5720/n5720004.htm>. >

La masa de aire caliente se hace circular continuamente a través de la madera con el fin de que esta se caliente. Al elevar la temperatura la madera empieza a liberar el agua que contiene y por ende se seca. Esto permite que la madera descienda sus contenidos de humedad a los niveles deseados, según sean las necesidades de la industria.

Las secadoras solares a pesar de que son muy simples en cuanto a diseño y funcionamiento, permiten y a la vez requieren de algún grado de control de las condiciones internas de temperatura y humedad relativa este puede ser manual o automatizado. Esto es posible gracias a la instalación de ventanas o ventilas que permitan intercambiar el aire húmedo de la cámara por aire más seco del exterior de la cámara.

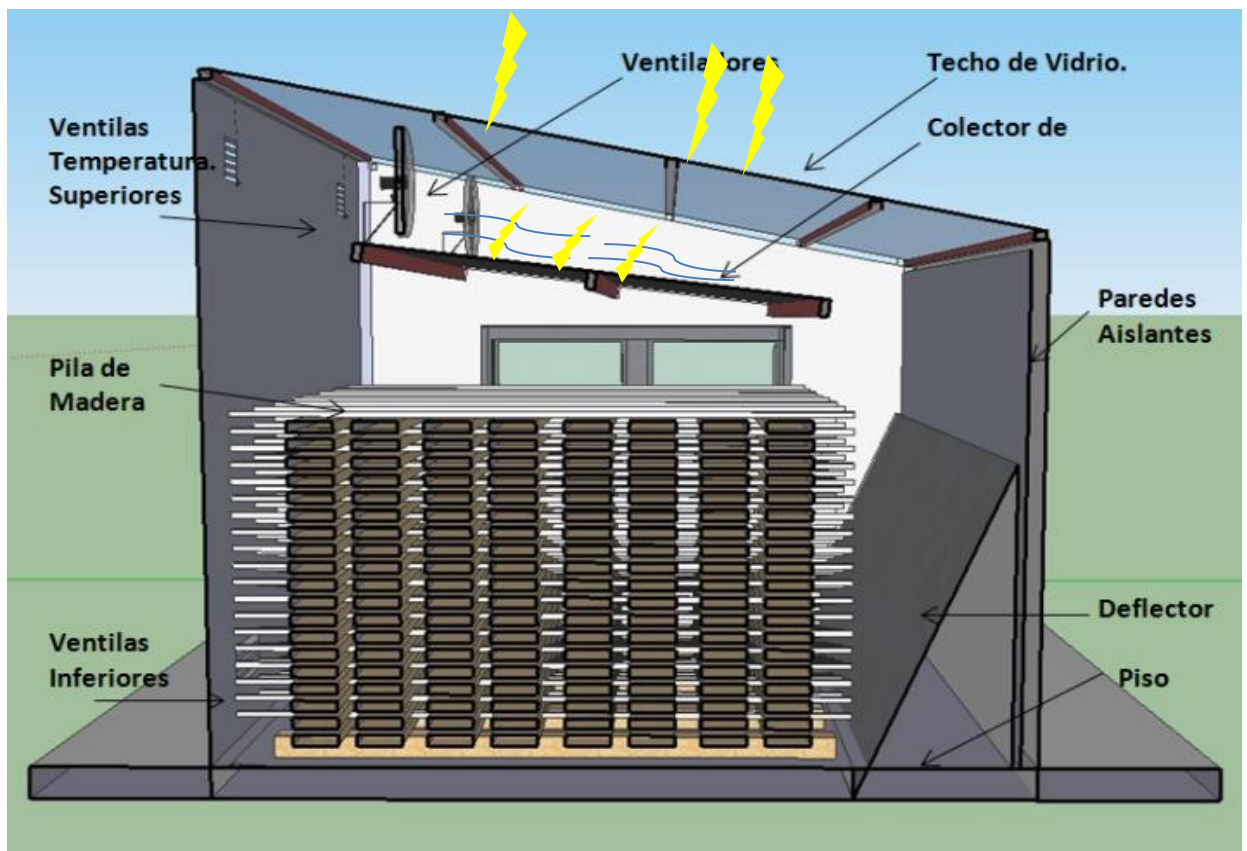


Ilustración 18-Partes principales de un horno solar.

- **Ventajas de un horno solar ante los hornos Convencionales**
 - Menor costo de construcción.
 - Materiales de fácil acceso para su construcción.
 - Bajos costos de operación.
 - No hay emisiones de gases contaminantes a la atmosfera.
 - Pueden ser utilizados en zonas aisladas y de difícil acceso.

- **Desventajas de los Hornos Solares ante los hornos Convencionales**
 - Dependen de las condiciones climatológicas.
 - Su eficiencia disminuye durante en el invierno y durante la noche.
 - Su eficiencia disminuye cuando aumenta el volumen a secar.

5.2. Posición de la secadora solar

La posición de un horno solar depende de la incidencia de los rayos solares. Por ello, en primera instancia deben orientarse de norte a sur. La caída o inclinación del techo, debe ser hacia el sur, de tal forma que se asegure la incidencia de los rayos solares lo más perpendicularmente posible, a lo largo del año.

El grado de inclinación va a corresponder con la latitud del país, para el caso de Nicaragua esa inclinación es de 12° . Esta inclinación permite que la variación en el ángulo de incidencia de los rayos solares en las diferentes épocas del año, no afecte la eficiencia en la captación de la energía sobre el techo y el colector de la secadora.

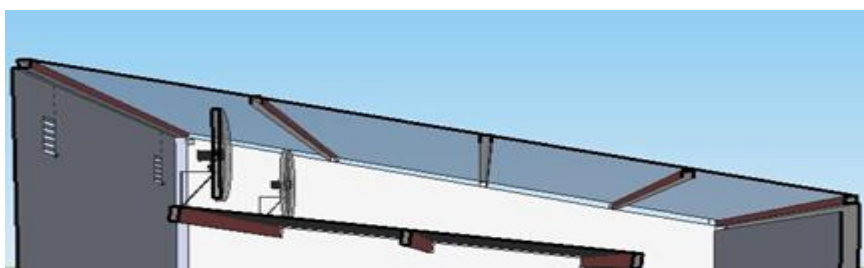


Ilustración 19-Inclinación de 12 grados con respecto a la horizontal.

5.3. Ubicación

Este es el primer aspecto a tomar en cuenta en cuanto diseño del horno solar, se debe ubicar la cámara de secado en un lugar donde no este cercano a edificios y árboles que obstruyan la trayectoria de los rayos solares hacia el techo del horno.

A efectos de mejora en el proceso de secado, es recomendable ubicar el horno solar lo más cerca posible de los almacenes y bodega, esto para agilizar el proceso de carga y descarga.

5.4. Tamaño y capacidad del secador solar

Cuando se diseña y construye un horno solar, hay que considerar que el tamaño óptimo de la cámara está en función de la demanda de volumen de madera seca que quiere determinada industria. La experiencia en honduras indica que no es conveniente construir hornos secadores con capacidad superiores¹⁴ a los 15 m³ pues cuanto más grande sea la cámara menos eficiente es el secado.

Otro aspecto a considerar es el ancho de la secadora, el diseño debe garantizar una uniformidad en la circulación de la masa de aire a través de la pila de madera que se pretende secar. Es por ello que se recomienda que las secadoras no superen los 5 m de ancho¹⁵.

El horno solar construido en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios, tiene una capacidad de 1 m³ de madera, está a la disposición del Programa Institucional de la Madera (PIMA) y de las PYMES del sector madera Nicaragüenses.

¹⁴ Benito y Calderón, (1993). Manual de horno solar para secado de madera. Honduras. págs. 14-16.

¹⁵ Benito y Calderón, (1993). Manual de horno solar para secado de madera. Honduras. págs. 11-12.



Ilustración 20-Horno solar 1 m3.

5.5. Sistema de aislamiento

El objetivo del aislamiento del calor es lograr la máxima diferencia entre la temperatura interna de la cámara y la temperatura ambiental. Para ello, la selección de materiales para el techo y paredes es fundamental.

La experiencia indica que la selección de materiales, debe garantizar que la diferencia mínima entre las temperaturas externas e internas¹⁶ sea de al menos de 10°C.

El techo debe construirse con un material transparente. Entre los que tienen esa propiedad, el vidrio es el que mejores resultados brinda. En el caso de las paredes, se puede usar madera, block, ladrillo hierro galvanizado esmaltado, etc. Cuando la estructura de las paredes es construida con madera, hierro galvanizado o esmaltado, el aislante térmico interno es de vital importancia pues se requiere evitar la fuga de la temperatura. En el mercado el que mejores resultados brinda, por costo y calidad, es fibra de vidrio flexible. Este material debe cubrir al máximo los espacios entre el forro interno y externo del horno secador.

¹⁶ Benítez R. y Calderón A. (1980). Secador Solar para Madera. CEMAPIF-CUPROFOR. San Pedro Sula, pag. 22.

El espesor que tendrá este material aislante fue calculado mediante la aplicación de transferencia de calor teniendo como datos iniciales los mostrados en la tabla siguiente:

Tabla 1. Datos iniciales para cálculo térmico Horno Solar.

Datos disponibles		
$T_{\text{Exterior aire}} = T_2$	30	°C
$T_{\text{Interior aire}} = T_1$	80	°C
H_{Colector}	1	M
W_{Colector}	1,25	M
$\epsilon_{\text{Vidrio}} = \epsilon_2$	0,9	Adim
$\epsilon_{\text{Colector}} = \epsilon_1$	0,85	Adim
L_c	0,05	M
θ	12	°

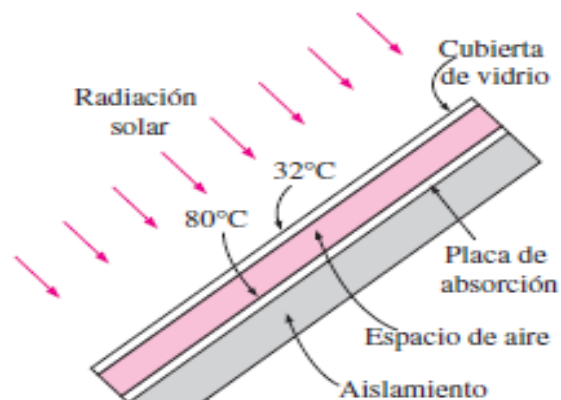


Ilustración 21-Eschema de transferencia de calor en el colector solar.

Para proceder con este cálculo asumimos lo siguiente:

- La superficie del vidrio es categorizada como una superficie difusa.
- A una atmosfera de presión tener el aire como una constante y evaluar como un gas ideal.

Donde:

- $T_{\text{Exterior aire}}$; Temperatura exterior del aire
- $T_{\text{Interior aire}}$; Temperatura interior del aire
- H_{Colector} ; Altura total del colector
- W_{Colector} ; Ancho total del colector
- ϵ ; Coeficiente de emisividad

Por consiguiente la emisividad del vidrio y el colector son 0.9 y 0.8 correspondientemente, la propiedades del aire a una atmosfera y el promedio de temperatura 56 °C

$$\begin{aligned} \text{Temperatura promedio} &= \frac{T_1 + T_2}{2} \\ \text{Temperatura promedio} &= \frac{80^\circ\text{C} + 30^\circ\text{C}}{2} \\ \text{Temperatura promedio} &= 55^\circ\text{C} \end{aligned}$$

De **tabla 4** para gases ideales (Aire) transferencia de calor Cengel¹⁷, teniendo como constantes K que es el coeficiente de conductividad térmica del material, V es la velocidad del viento y Pr el número de Prant.

$$K = 0.02779 \text{ W/m}^\circ\text{C}, V = 1.85 \text{ E}^{-5} \text{ m}^2/\text{s}, \text{Pr} = 0.7212$$

$$\beta = 1/T_f \rightarrow \beta = \frac{1}{(55+273)K} = 0.003040 \text{ K}^{-1}$$

$$Ra = \frac{g\beta(T_1 - T_2) L_c^3}{V} Pr$$

$$Ra = \left[\frac{\left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (0.003040 \text{ K}^{-1}) (80^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) (0.10 \text{ m})^3}{\left(1.85 \text{ E}^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right)^2} \right] (0.7212)$$

$$Ra = 3.12 \text{ E}^6$$

$$A_s = H \times W \rightarrow A_s = (1 \text{ m})(1.25 \text{ m}) \rightarrow A_s = 1.25 \text{ m}^2$$

Solo nos faltaría calcular el número de nusselt o coeficiente adimensional de transferencia de calor por convección.

$$Nu = 1 + 1.44 \left[1 - \frac{1708}{Ra \cos \theta} \right] \left[1 - \frac{1708(\sin 1.8\theta)^{1.6}}{Ra \cos \theta} \right] + \left[\frac{(Ra \cos \theta)^{\frac{1}{3}}}{18} - 1 \right]$$

¹⁷ Yunus C. (2007). Transferencia de Calor y Masa, 3ra edición, México. McGraw-Hill. págs. 760-761

$$Nu = 1 + 1.44 \left[1 - \frac{1708}{(3.12 E^6) \cos 12^\circ} \right] \left[1 - \frac{1708(\sin 1.8(12^\circ))^{1.6}}{(3.12 E^6) \cos 12^\circ} \right] + \left[\frac{((3.12 E^6) \cos 12^\circ)^{\frac{1}{3}}}{18} - 1 \right]$$

$$Nu = 9.496$$

La tasa de transferencia d calor por convección es la siguiente:

$$\dot{Q} = K Nu A_s \frac{(T_1 - T_2)}{L}$$

$$\dot{Q} = (0.02779 \text{ W/ m }^\circ\text{C})(9.496)(1.25 \text{ m}^2) \frac{(80 \text{ }^\circ\text{C} - 30 \text{ }^\circ\text{C})}{0.10 \text{ m}}$$

$$\dot{Q} = 164.9 \text{ W}$$

Para calcular la ganancia de calor por radiación Q_{rad} tomaremos él cuenta que el valor de la constante de Stefan-Boltzmann es $\sigma = 5,67 E^{-8} \text{ W/m}^2 K^4$, usando la ecuación para la transferencia de calor por radiación que a través de diferentes materiales se tiene:

$$Q_{rad} = \frac{A_s \sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1}$$

$$Q_{rad} = \frac{(1.25 \text{ m}^2)(5,67 E^{-8} \text{ W/m}^2 K^4)[(80 + 273 \text{ K})^4 - (30 + 273 \text{ K})^4]}{\frac{1}{0.85} + \frac{1}{0.9} - 1}$$

$$Q_{rad} = 390.7 \text{ W}$$

La ganancia total de calor Q_{Total} que tendrá el colector será la suma de la cantidad de calor absorbida por radiación y la tasa de transferencia de calor del medio exterior hacia el interior

$$Q_{Total} = \dot{Q}_{rad} + \dot{Q}_{conv}$$

$$Q_{Total} = 390.7W + 164.9 W$$

$$Q_{Total} = 555.7 W$$

El cálculo sé que muestra en la parte anterior corresponde para los valores de temperatura promedio para los meses más críticos, datos facilitados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) para el año 2015, **ver anexo tablas 5-16.**

A continuación se muestra la tabla resumen y graficas de tendencia de los valores promedios de temperatura y Humedad Relativa, para los meses de Enero hasta Diciembre del año 2015 en la estación de monitoreo ubicada en el Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino.

Tabla 2. Resumen Meteorológico Departamento Managua año 2015.

Meses	Temperatura (°C)	Humedad Relativa
Enero 2015 (1)	27.2	63.4
Febrero 2015 (2)	27.7	60.5
Marzo 2015 (3)	28.4	59.1
Abril 2015 (4)	30.0	59.5
Mayo 2015 (5)	29.2	64.1
Junio 2015 (6)	28.4	74.3
Julio 2015 (7)	28.0	73.1
Agosto 2015 (8)	28.8	70.4
Septiembre 2015 (9)	28.4	75
Octubre 2015 (10)	28.0	77.8
Noviembre 2015 (11)	27.7	74.4
Diciembre 2015 (12)	28.4	69.1

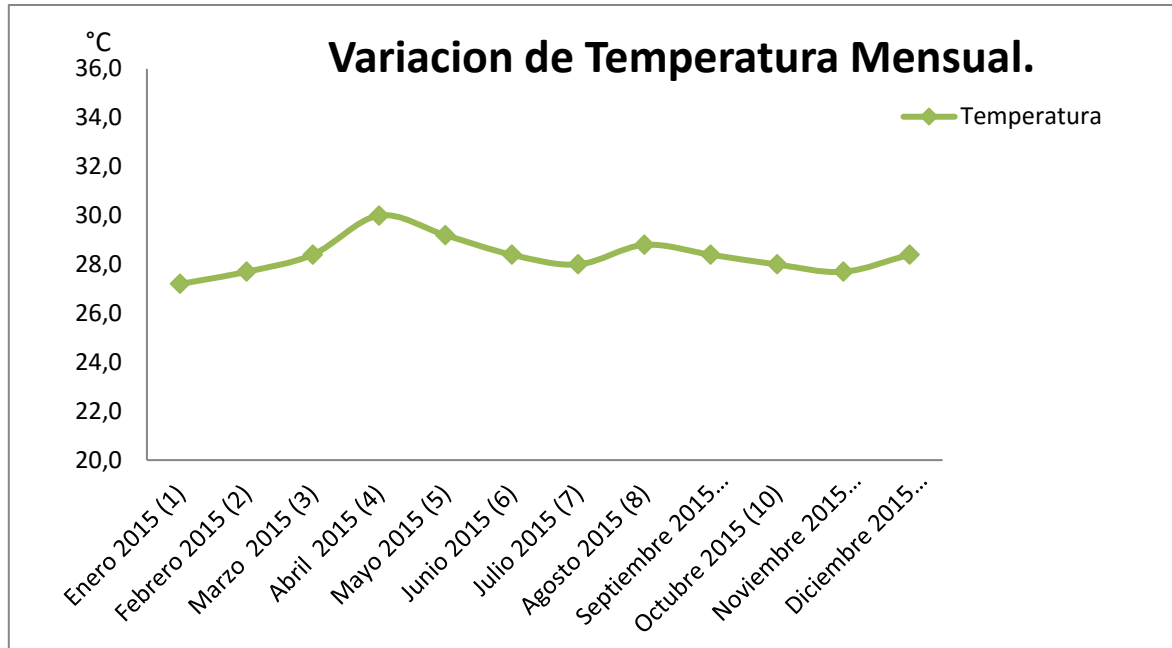


Ilustración 22-Variacion Mensual de la temperatura.

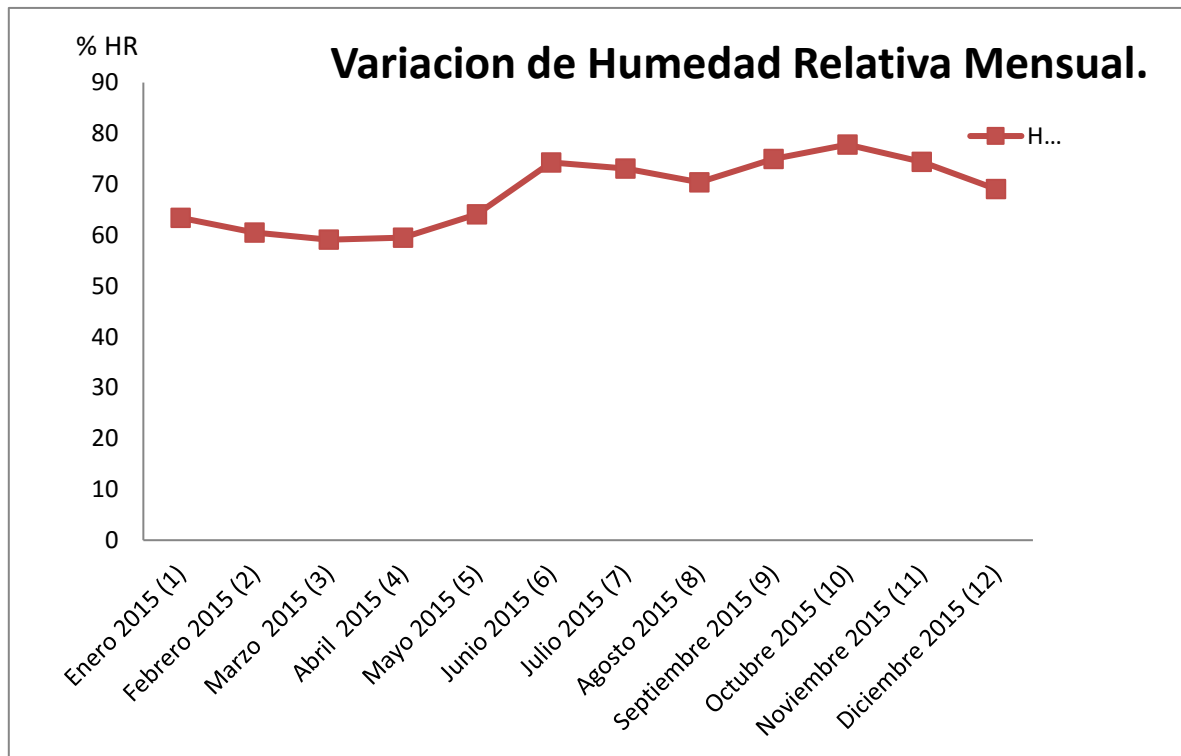


Ilustración 23-Variacion de humedad Relativa mensual.

Mediante la aplicación del software estadístico para Ingeniería MINITAB V17.3, se realizó una regresión lineal para pronosticar los valores de temperatura por mes en los siguientes años, para ello es necesario asignar un valor numérico único para cada mes de cada año, por ejemplo siendo Enero de 2015 el mes número “1” de nuestro pronóstico y enero de 2016 el mes número “13”, de tal forma que para cualquier número “X” mes futuro se tendrá una estimación “Y” de la temperatura en dicho periodo.

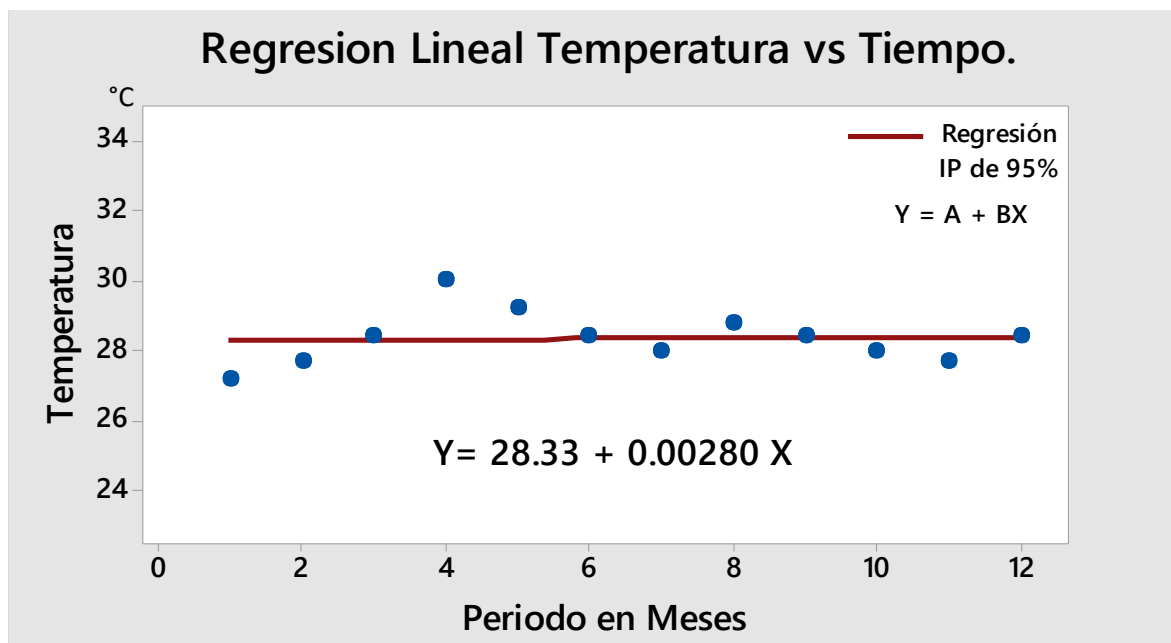


Ilustración 24-Regresion pronóstico de temperatura.

5.6. Componentes básicos del horno secador

El diseño de un horno solar debe incluir al menos cinco componentes: techo, colector, paredes aislantes, ventiladores y ventilas. Cada uno de estos contribuye a asegurar un funcionamiento adecuado y garantiza la eficiencia y la calidad en el secado.

Las características primordiales de los materiales para construir el horno no son diferentes a los requeridos para cualquier otro tipo de construcción.

Se busca que el material esté disponible cerca del lugar de construcción para disminuir el costo de transporte, además se espera que ese material sea del menor costo posible.

Techo del Horno Solar

El techo de un horno solar es un componente que se requiere de gran atención, ya que es precisamente a través de él que se capta la energía solar que calentará el aire interno de la cámara, el cual es el responsable del secado de la madera. Para su construcción se puede utilizar vidrio o lamina transparente; dando mejores resultados el vidrio.

La energía solar que pasa a través del vidrio utiliza la onda corta y una vez que lo atraviesa la energía no puede escapar ya que se refleja en forma de onda larga, la cual queda atrapada en la cámara y produce un efecto invernadero a lo interno de la cámara, elevando así la temperatura de la misma, debido a la acumulación de energía térmica a lo interno de la cámara.

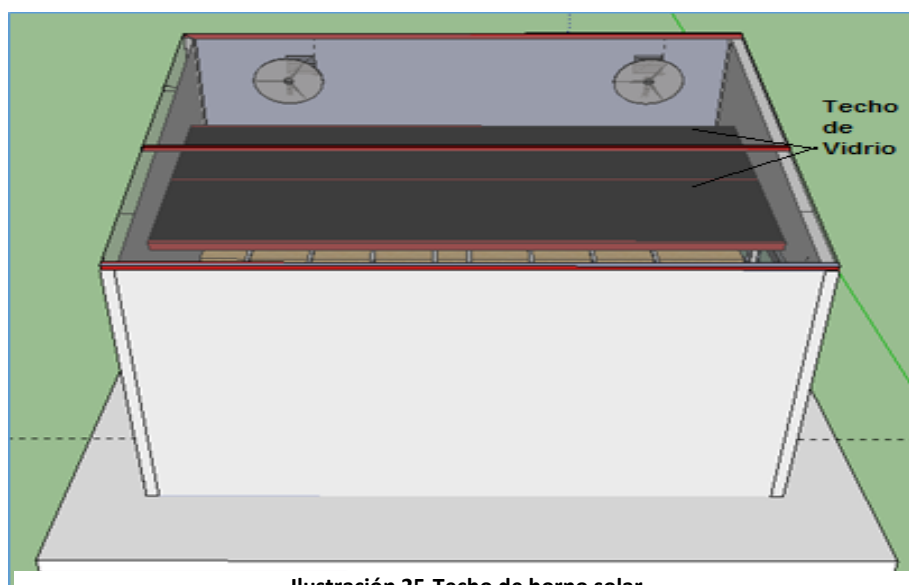


Ilustración 25-Techo de horno solar.

Colector

El colector está ubicado entre el techo y la pila de madera. La función de este componente es capturar la anergia solar térmica, aumentando su temperatura y transmitiendo esta energía térmica al aire lo que produce que este se caliente.

Además, la presencia del colector impide que los rayos del sol incidan directamente sobre la madera que se pretende secar, evitándole daños a superficie como las grietas y la decoloración.

El espesor de la lámina combinado con su color negro mate, permite aprovechar al máximo la energía solar captada. Se recomienda utilizar una lámina de hierro con aproximadamente 3 mm de espesor, pintada con pintura anticorrosiva color negro mate.

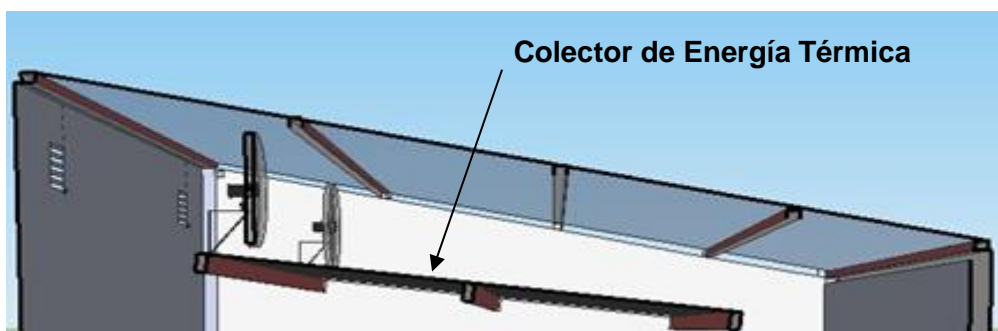


Ilustración 26-Ubicacion de colector solar dentro de la cámara de secado.

Ventiladores

La energía solar capturada en el colector debe ponerse en movimiento a lo interno de la secadora, a fin de que ese aire caliente circule entre la pila de la madera que se va a secar.

Ese movimiento es propiciado por ventiladores que se colocan dentro de la cámara de secado, el aire caliente que circula entre la pila de madera, absorbe la humedad contenida en la madera y es por ello que se produce el secado.

El tamaño de las aspas y la capacidad del motor de los ventiladores, depende básicamente de la cantidad de la madera que se va a secar.

La velocidad promedio del aire a través de la pila de madera que se seca de esta entre 1 m/s y 2 m/s. Si se tiene una velocidad más baja, el secado no es eficiente y si la velocidad es más alta, se pueden causar daños severos¹⁸ a la madera, como reventaduras e incluso grietas.

Para el horno solar de 1m³ no es necesario instalar ventiladores inferiores para la extracción de aire, puesto que los ventiladores superiores inyectan aire de renovación dentro de la cámara de secado, provocando una diferencia de presión entre el ambiente en la cámara de secado y el medio exterior, generando un flujo de aire hacia el exterior que sirve para evacuar el aire con humedad de la cámara de secado.

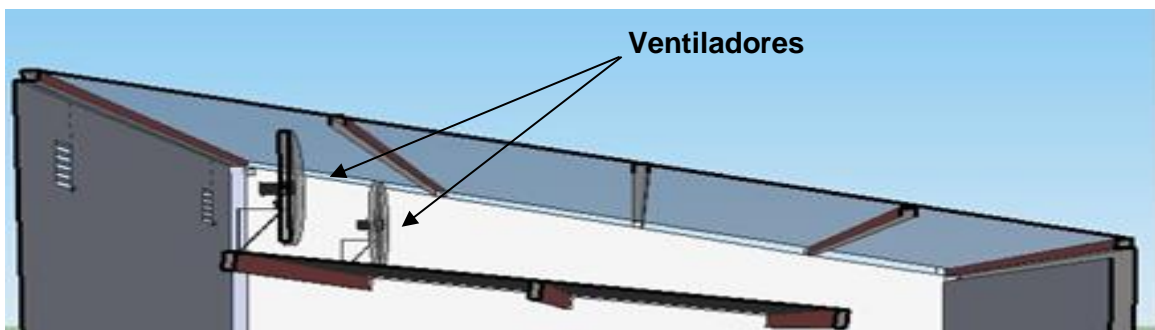


Ilustración 27-Ubicacion de ventiladores dentro de la cámara de secado.

Ventilas

El aire caliente que circula a través de la pila de madera recoge la humedad que hay contenida en la madera, esa humedad llega a saturar el aire caliente y eleva la humedad relativa a lo interno del horno. Cuando esto ocurre, el secado se estanca y si esa humedad no se saca del horno se corre el riesgo de que el proceso de secado se detenga, e incluso, que la humedad retorne a la madera.

¹⁸ Benítez R. y Calderón A. (1980). Secador Solar para Madera. CEMAPIF-CUPROFOR. San Pedro Sula, pag. 31.

Para evitar esto, el diseño del horno secador contempla la existencia de ventilas o ventanas que se ubican en las paredes y que permiten aperturas controladas para que se de intercambio entre la humedad ambiental fuera de la cámara y la interna.

Las ventilas superiores deben tener un dimensión en relación a las dimensiones de los ventiladores, en caso de las ventilas inferiores su dimensión debe ser un 25% mayor a las ventilas superiores, esto porque en este punto del horno solar el aire tiene una velocidad menor a la que ingresa a la cámara y al aumentar el área en este porcentaje se garantiza que el mismo caudal de entrada sea el de salida y evitar variaciones corrientes parasitas dentro del horno que provoquen remolinos y obstaculicen el flujo del aire entre la pila de madera.

Las ventanas del horno y de los colectores se deben mantener abiertas durante el día por intervalos de tiempo de 20 a 30 minutos cada tres horas, en los primeros días del proceso de secado, hasta que las piezas reporten un CH = 40 %, y se cerrarán durante la noche.

En caso de que en las muestras de control aparezcan agrietamientos o rajaduras, se tendrán que mantener cerradas las ventanas de la cámara y de los colectores durante 24 horas y dejar el sistema de ventilación funcionando permanentemente (día y noche) hasta que los defectos originados por el secado desaparezcan. El número de días en que el proceso sigue bajo estas condiciones es variable y depende del tiempo necesario para que las piezas, según su especie y grosor, alcancen la condición propuesta (CH= 40 %) ¹⁹.

¹⁹ Amarilis B. (2005). Guía para el Secado de la Madera en Hornos Convencionales. Santa Fe. ETSUFOR. pág. 7.

Estas ventilas solo se abren cuando la humedad relativa interna de la cámara es más alta que la externa. Debido al movimiento del aire que producen los ventiladores y la presión interna y externa a la cámara, una porción y más fría entra para sustituir el aire que sale.

Se recomienda abrir las ventilas temprano en las mañanas, cuando aún el sol no ha calentado lo suficiente el aire interno de la cámara. De esa manera la perdida de temperatura es mínima.

Paredes, puertas y ventanas

La principal características de los materiales de construcción para las paredes, puertas y ventanas, es que deben mantener el calor a lo interno de la cámara de secado, se busca que estos aseguren un aislamiento térmico adecuado y que sean de larga duración.

Para la construcción de paredes, puertas y ventanas se ha utilizado la madera como estructura principal. Como forro externo e interno lamina galvanizado G70 Calibre 26, ampliamente disponible en el mercado nacional.

Si se requiere acabados más estéticos, se puede usar lámina corrugada como forro externo y lamina lisa como forro interno. También se puede usar el hierro esmaltado número 26, aunque el costo de este es mayor; pero este último tipo de material tiene la ventaja de que no se corroe o herrumbra como el galvanizado.

Más importante que la estructura externa o interna de las paredes, es la selección del aislante adecuado y el espesor óptimo para que disminuir a su mínima expresión el flujo de calor hacia el exterior. Se ha utilizado fibra de vidrio flexible (lana de fibra de vidrio). Este material cubre todo el espacio que hay entre los forros internos y externos.

Este material se consigue en el mercado nacional con facilidad y está disponible en diferentes espesores según sean las necesidades o especificaciones técnicas del horno a construir.

El colector solar tendrá una tasa de transferencia de calor previamente calculado, a razón de saber cuál sería el espesor mínimo este fue calculado con el apoyo del libro de transferencia de calor, siguiendo procedimientos lógicos en donde determinamos la tasa de ganancia de calor en las paredes de la cámara de secado.

Del fabricante sabemos que este material aislante tiene un coeficiente de conductividad térmica, $K_{\text{aislante}} = 0.035 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

$$L = K A_s \frac{\Delta T}{\dot{Q}}$$
$$L = (0.035 \text{ W/m}^\circ\text{C})(1.25 \text{ m}^2) \frac{(80^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})}{555.7 \text{ W}}$$
$$L = 0.004 \text{ m} \approx 4 \text{ mm}$$

Como espesor mínimo se debe tener un espesor de 4 mm en el material aislante, esto no quiere decir que es el espesor que se instaló en las paredes de la cámara de secado, sino que este es un valor de crítico y de referencia para seleccionar uno ya estandarizado en el mercado local manteniendo así el equilibrio entre costos y disponibilidad inmediata sin incurrir en gastos extras.

5.7. Cimientos

La estructura del horno solar se montó sobre un cimiento que asegura aislamiento de temperatura y humedad proveniente del suelo, y a la vez de firmeza a la estructura, soportando el peso de las paredes, techo y la pila de madera. Al momento de construir los cimientos es recomendable que el área mínima de cimientos que debe de existir en el horno es la misma área del horno solar.

Los cimientos son de fácil construcción y no es necesario sub-contratar a una empresa especialista en este tipo de obras civiles, pero tomar todas las medidas necesarias de higiene y seguridad al momento de ejecutar este tipo de obras.

5.8. Automatización del horno solar

Es recomendable complementar el diseño del horno solar con un sistema de automatización, que sea capaz de controlar el funcionamiento del horno en base a la cantidad de humedad que es removida de la madera.

En caso contrario a instalarse un sistema de automatización, sería necesario mantener operarios las 24 horas del día para asistir las mediciones de humedad y temperatura dentro de la cámara y realizar acciones correspondientes a estas. En pocas palabras hablamos de al menos un puesto de trabajo adicional, que se agregarían a las PYMES donde se instalara este tipo de tecnología, incrementando significativamente los costos del proceso.

Al realizarse el desarrollo del sistema de automatización en este horno solar se optimizaron los tipos de secado, debido a que el sistema inteligente realiza acciones necesarias en relación a los cambios a lo interno de la cámara de secado.

Tecnología de Automatización

Para el control del horno solar se utilizó la tecnología “Circuito Integrado Programable” (PIC). Quiere decir que se puede planificar la manera cómo va a funcionar, se puede adaptar a nuestras necesidades. En otras palabras que el integrado es capaz de modificar su comportamiento en función de una serie de instrucciones que es posible comunicarle.

En el caso del horno solar se hizo uso del software “Proteus 8.0” este es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción.

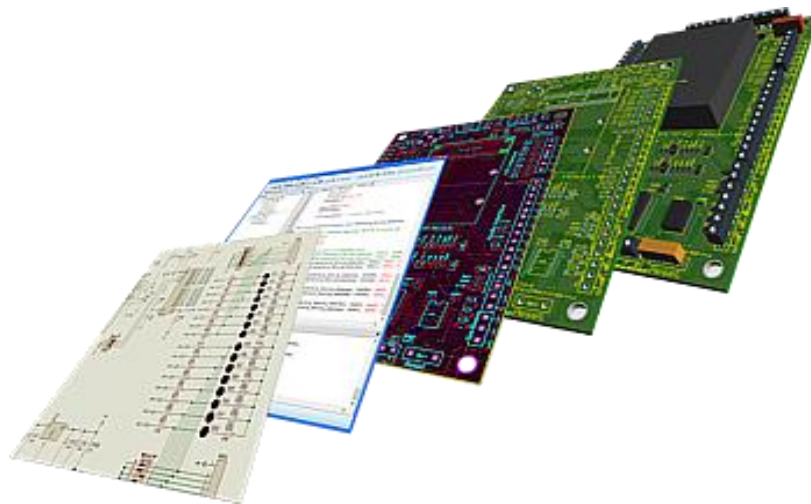


Ilustración 28-Esquema software proteus 8.0.

Los pasos a seguir en el proceso de elaboración del sistema de automatización en proteus 8.0 son los siguientes:

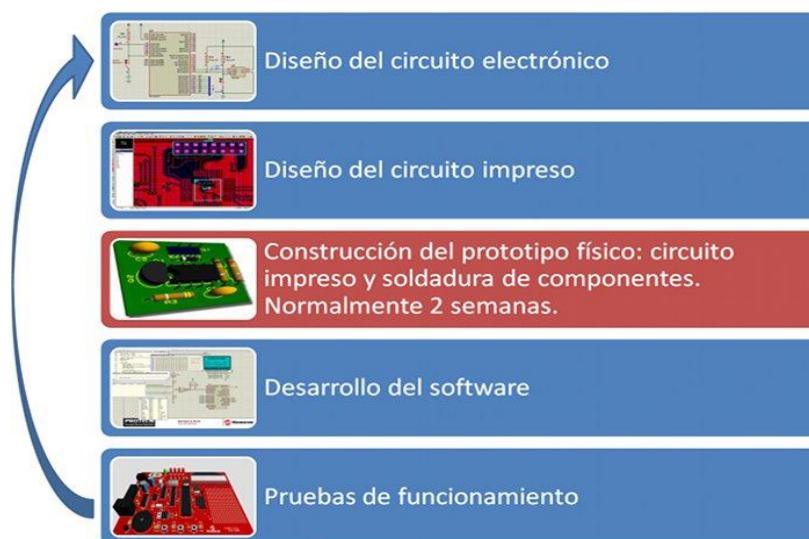


Ilustración 29-Diseño de un circuito electrónico con software Proteus 8.0.

Una vez terminada la elaboración digital del sistema se genera un diagrama electrónico como el que se muestra a continuación.

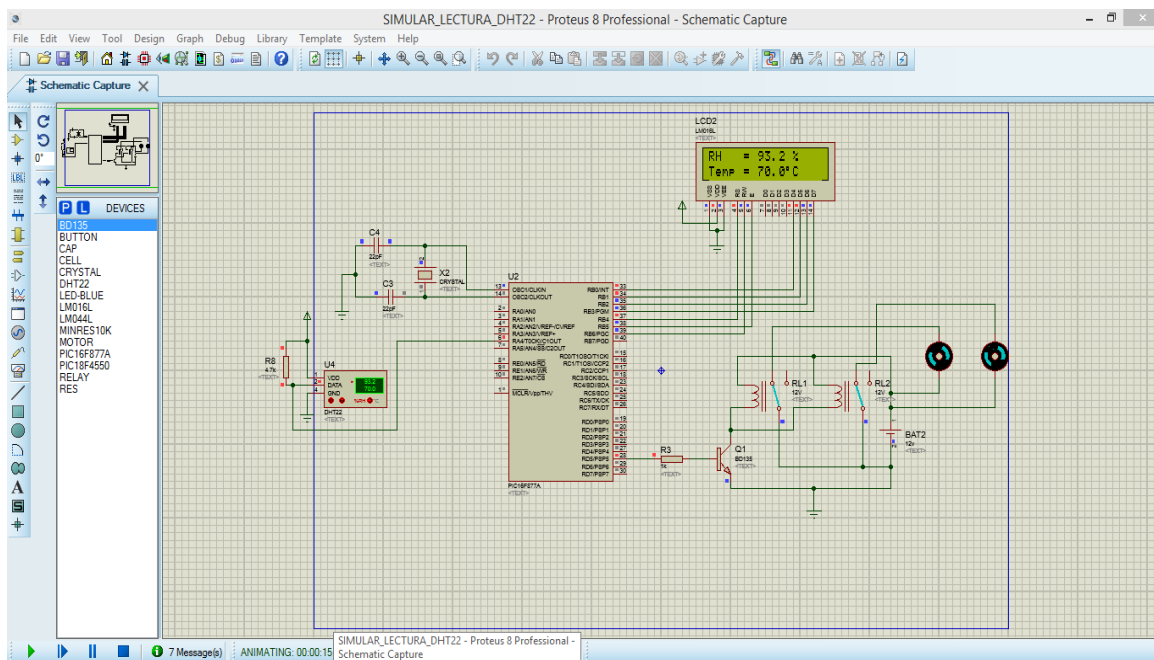


Ilustración 30-Diagrama de circuito electrónico asistido con Proteos 8.0.

Mediante Proteus 8.0 se realizó la simulación del sistema de automatización para los siguientes parámetros.

Temperatura Interior²⁰ del Horno: 70°C

Humedad Relativa dentro de la cámara de secado: 14%.

El sistema está conectado a los ventiladores del horno y envía una señal para encender los mismos por 10 min cuando la temperatura interior sobrepase los 70° C y la humedad relativa interna de la cámara de secado supere los 14%, en caso de que la temperatura sea mayor a 70° C pero la humedad relativa sea menor de 14% los ventiladores permanecerán apagados, debido a que la decisión de apagar y encender los ventiladores del horno depende de ambas variables y no solo de una.

El siguiente paso en este proceso es imprimir la pista del circuito generada por el software, esta puede ser fácilmente grabada en una placa de cobre virgen, mediante la aplicación de calor.

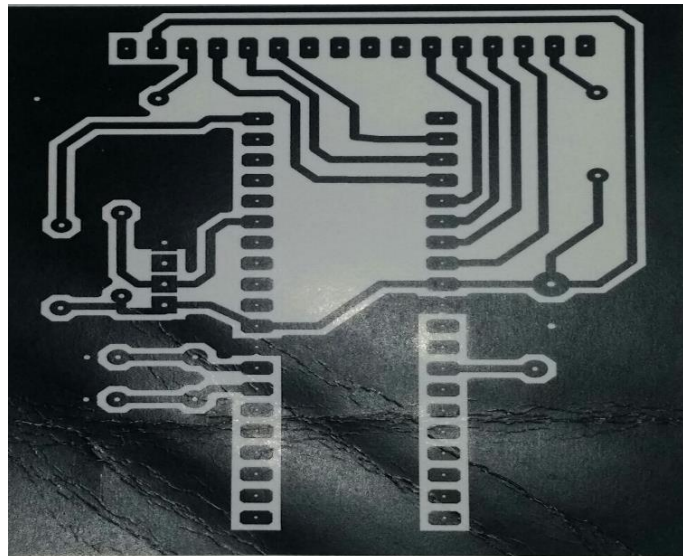


Ilustración 31-Pista electrónica generado por el software Proteos 8.0.

²⁰ Amarilis B. (2005). Guía para el Secado de la Madera en Hornos Convencionales. Santa Fe. ETSUFOR. pág. 19.

Luego que la pista fue grabada en la placa de cobre virgen, es sumergida unos segundos en ácido clorhídrico, para eliminar el excedente de cobre y agentes que alteren el circuito.

El siguiente proceso es el perforado de las vías del circuito impreso, estas se taladran con pequeñas brocas hechas de carburo tungsteno, realizando de esta forma los orificios en donde se colocaran las conexiones de los componentes al circuito.

El siguiente paso es el montado de los componentes electrónicos, los pines de los mismos se insertan en los orificios y son fijados a las mismas mediante soldadura de estaño. Las áreas que no deben ser soldadas pueden ser recubiertas con un polímero 'resistente a la soldadura', esto para evitar corto circuitos futuros.

Para el control automatizado del horno solar se necesitaron los siguientes componentes del circuito electrónico, los cuales son de fácil obtención en varios centros electrónicos del país.

- PIC 16f877A.
- Pantalla Lcd 16*2.
- Cristal de frecuencia 4KHz.
- Sensor de humedad y temperatura DHT-22
- 2 releay de 12V.
- 2 capacitores de 22 pico faradio (PF)
- 1 resistencia de 4.7 K Ω .
- 1 resistencia de 1 K Ω .

Esta resulta ser la manera más económica de automatizar el horno solar, resultando en un costo total de C\$ 1,480. Además que en caso de avería de alguno de los componentes, será fácilmente reemplazado y reactivado el sistema de automatización.

Como resultado de la automatización del horno solar, se elimina la intervención humana durante la operación del mismo, además que permite tomar acciones en el momento preciso y necesario, optimizando así los tiempos de secado.

CAPÍTULO 6. CONSTRUCCIÓN DE HORNO SOLAR

Una vez realizado el diseño se procedió a construir el horno solar con capacidad de 1m³ de madera, se tomó en cuenta la ubicación y orientación del secador, de manera que los rayos solares no sean obstaculizados y penetren en el techo de la cámara de secado con la mayor perpendicularidad posible, para ello fue necesario ubicar el secador de Norte a Sur y con una inclinación del techo de 12° que correspondió a la latitud de la zona; Empleando los materiales propuestos en la etapa de diseño para el correcto funcionamiento de la cámara de secado.

Para llevar a cabo la obra seguimos un paso a paso de instalación de horno solar desde la ubicación puntual del proyecto hasta su culminación tal y como se muestra a continuación.

6.1. Ubicación

El horno solar a construido se encuentra ubicado en El programa Institucional de la Madera (PIMA) que a su vez está dentro de las instalaciones del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUPAP) en el distritito VI de la ciudad de Managua.

Condiciones Geográficas y Topográficas

Para definir de mejor manera la posición exacta del taller, se utilizó Google Earth y así conocer las coordenadas y el posicionamiento geográfico, que corresponden a Latitud 12.14°N y Longitud 86.22°O del lugar dentro del municipio de Managua.



Ilustración 32-Ubicación geográfica Programa Institucional de la Madera.

En el aspecto político, este programa se rige bajo las mismas normas establecidas por la Universidad Nacional de Ingeniería puesto que es parte de la Institución Educativa.

Para diagnosticar la ubicación²¹ exacta del proyecto no se utilizó ningún procedimiento científico, puesto que el PIMA ya cuenta con el terreno para la instalación del horno, únicamente garantizamos que estuviera despejado de sombras causadas por árboles o edificios que bloquearan la radiación solar que el horno recibiría durante el día.

Entre las principales condiciones climáticas que existen en la ciudad de Managua es la predominación del corredor seco del pacífico, provocando temperaturas en horas del mediodía cercanas a los 37°C según INETER.

²¹ Plumtre R., Jayanetti D. (1996). Solar Heated Timber Drying Kilns. A manual on their desing and operation. TRADA-ODA, U.K.

6.2. Cimientos

Antes de la construcción de los cimientos se realizó la limpieza del terreno, esto con el fin de delimitar la zona de trabajo, seguido a esto se instaló la estructura del horno solar sobre un cimiento que asegura aislamiento de temperatura y humedad proveniente del suelo, y a la vez de firmeza a la estructura, soportando el peso de las paredes, techo y la pila de madera. Al momento de construir los cimientos es recomendable que el área mínima de cimientos que debe de existir en el horno es la misma área del horno solar.

Los cimientos son de fácil construcción y no es necesario sub-contratar a una empresa especialista en este tipo de obra. Para el horno solar construido en la universidad nacional de ingeniería, se realizaron cimientos de estructura interna de varia corrugada de 3/8 in, hierro estructural armado de 1/4 in recubiertos con concreto estructural que soporta 210 Kg/cm² de resistencia mínima al esfuerzo.

6.3. Estructura de madera

Realizamos la construcción de la estructura de madera de 1 in x 1 in de sección transversal facilitados por El Programa Institucional de la Madera, para esto tuvimos que sujetar el horno en cuatro pivotes (varia roscada de 3/8 in) anclados a los cimientos, y de esta manera garantizar que el horno no tuviese ningún tipo de desplazamiento que pudiera comprometer la operación del mismo durante el secado de la madera.

Esta estructura de igual forma es la que soporta todo el peso de los componentes que se encuentran sobre ella así como el colector y el techo de vidrio, además de definir la forma del mismo.

6.4. Paredes y puertas

Para la construcción de paredes, puertas y ventanas se utilizó como estructura principal forro externo e interno lámina galvanizado G70 Calibre 26, ampliamente disponible en el mercado nacional. Como material aislante se instaló fibra de vidrio en con un espesor de 2 in, cabe mencionar que se tomó la decisión basado en cálculos previamente realizados en la etapa de diseño

Las paredes están pintadas en color blanco debido a que se quiere evitar acumulación o absorción de energía térmica en el mismo producto del fenómeno de cuerpo oscuro mencionado anteriormente. Además el recubrimiento debe ser anticorrosivo para contrarrestar la acción de los ácidos emitidos por la madera durante el proceso de secado.



Ilustración 33-Paredes y Puerta de Horno Solar.

6.5. Ventiladores

Para el horno solar de 1m^3 de capacidad, instalaron 2 ventiladores de 4 in de diámetro en sus aspas, la potencia de estos ventiladores es óptima ya que no sobrepasan los 1.5 m/s de velocidad de soplo²² esta debe estar comprendida entre 1 m/s y 2 m/s , esto con la finalidad de prevenir un mal secado en la madera y garantizar la circulación del aire caliente dentro de la cámara de secado.



Ilustración 34-Ventiladores perfil Interno y Externo.

6.6. Colector de temperatura

El colector tal y como se planteó en la etapa de diseño fue construido con una lámina de zinc lisa calibre 18 de $1\text{ m} \times 1.20\text{ m}$, y se instaló de manera paralela al techo.

Para aumentar la eficiencia de esa lámina se procedió a recubrir el colector de temperatura con pintura anticorrosiva de color negro y así aumentar la cantidad de energía solar captada, dicha lámina fue comprada SINSA.

²² Benítez R. y Calderón A. (1980). "Secador Solar para Madera". CEMAPIF-CUPROFOR. San Pedro Sula, pag. 39.

6.7. Techo

La distribución del techo del horno solar ya se había citado en el capítulo de diseño, se colocaron dos vidrios de dimensiones 1 m x 0.6 m y de espesor 4 mm en un Angulo de 12 ° correspondientes a la latitud de Managua, esto para que la incidencia de los rayos solares formen un Angulo de 90 ° con el techo y el colector para aprovechar al máximo la radiación solar.

6.8. Ventilás

El horno solar construido posee 4 ventilas, entre ellas 2 ventilas superiores ya instaladas que tienen un dimensión de 4in x 4in, para las ventilas inferiores su dimensión es un 25% mayor a las ventilas superiores para garantizar que no se formen corrientes parasitas dentro de la cámara de secado ya que la velocidad del aire en la salida disminuye, en este caso el caudal de entrada es igual al de salida.



Ilustración 35-Ventilas Superiores e Inferiores.

CAPITULO 7. COSTOS DEL PROYECTO

7.1. Costos fijos

Son aquellos costos que no son sensibles a pequeños cambios en los niveles de actividad del PIMA o PYMES que instalen este tipo de tecnología, sino que permanecen invariables ante esos cambios. Entre los cuales podemos mencionar:

Costo de terreno

Para este proyecto no existen costos por adquisición de propiedad para construir el horno solar ya que este fue proporcionado por la Universidad Nacional de Ingeniería a través del PIMA, ubicación geográfica citada en el capítulo de diseño de horno mediante la aplicación Google Earth.

Costo de construcción de horno solar

El proyecto de construcción de horno solar de 1 m³ en la Universidad Nacional de Ingeniería no pose financiamiento de fuentes externas, solamente se contó con el apoyo de la Universidad a través del PIMA. Por este motivo el diseño del mismo se realizó de forma que su construcción fuera posible con los materiales disponibles en el mercado local, y a su vez con los materiales más económicos, pero sin alterar la eficiencia del mismo.

Este proyecto está dirigido a las PYMES del Sector Madera en Nicaragua, para brindar una solución ante el problema de secado que enfrentan las mismas al no tener los recursos económicos necesarios para tener acceso a este tipo de tecnología. La misión de este proyecto es ser el pionero en implementar este tipo de tecnología para este proceso en el país, y que de la pauta para futuras construcciones en PYMES y talleres de carpintería que requieran de un horno solar.

PRESUPUESTO ELABORACION DE HORNO SOLAR DE 1 M ³						
Título de Tesis Monográfica:						
"Diseño y construcción de un horno solar para secado de madera dirigido a las pequeñas y medianas empresas del sector madera en Nicaragua."						
Etap	DESCRIPCION	Unidad de	Cantid ad	Precio Unitario	Subtotal	IVA TOTAL
1	BASE DE CONCRETO					
1,1	Fabricacion de Bases de concreto con estructura de varillas de hierro de 3/8" para fijacion de Horno Solar.	global	1	C\$ 1.450,00	C\$ 1.450,00	C\$ 1.450,00
2	ESTRUCTURA					
2,1	Pernos de Expansión de 3/8"	unidad	16	C\$ 55,00	C\$ 880,00	C\$ 1.012,00
2,2	Pintura Anticorrosiva	galones	1	C\$ 625,00	C\$ 625,00	C\$ 93,75
2,3	Diluyente de Pintura	galones	1	C\$ 290,00	C\$ 290,00	C\$ 43,50
3	PAREDES, PUERTAS Y VENTANAS					
3,1	LAMINAGalvanizada calibre 26" (4x8ft)	unidad	5	C\$ 450,00	C\$ 2.250,00	C\$ 337,50
3,2	ROLLO AISLANTE FIBRA DE VIDRIO DE 2 1/2"	unidad	0,5	C\$ 1.794,00	C\$ 897,00	C\$ 134,55
3,3	EXTRACTOR DE AIRE INDUSTRIAL DE 10"	unidad	2	C\$ 1.450,00	C\$ 2.900,00	C\$ 435,00
3,4	Renglones de madera de 1 in ² x 4 ft	in ³	576	C\$ 6,00	C\$ 3.456,00	C\$ 518,40
3,5	Visagras continuas 1/2 in x 12 in material bronce	unidad	1	C\$ 195,00	C\$ 195,00	C\$ 29,25
3,6	Silicone URETAN	unidad	2	C\$ 126,23	C\$ 252,46	C\$ 37,87
3,7	REMACHES POPS 5/32"x1/2"	unidad	1	C\$ 34,40	C\$ 34,40	C\$ 5,16
3,8	Pamilla para ventilacion superior	unidad	2	C\$ 120,00	C\$ 240,00	C\$ 36,00
3,9	Pamilla para ventilacion inferior	unidad	2	C\$ 120,00	C\$ 240,00	C\$ 36,00
4	TECHO					
4,1	VIDRIO ESPESOR 6,38 mm (1.22X0.6) MTS	unidad	2	C\$ 450,00	C\$ 900,00	C\$ 135,00
4,2	SILICON TRANSPARENTE	unidad	1	C\$ 1.058,00	C\$ 1.058,00	C\$ 158,70
4,3	Angular de aluminio MILL FINISH 12 ft	unidad	4	C\$ 50,00	C\$ 200,00	C\$ 30,00
5	ELECTRICIDAD					
5,1	Cable electrico TSJ 4x14	m	12	C\$ 42,00	C\$ 504,00	C\$ 75,60
5,2	Suministrar e instalacion de tubo conduit 3/4", con	m	12	C\$ 40,25	C\$ 483,00	C\$ 72,45
5,3	Suministrar e instalacion de caja conduit 4"x2"	unidad	2	C\$ 30,00	C\$ 60,00	C\$ 9,00
6	Injector de aire con persiana 4 in	unidad	2	C\$ 1.350,00	C\$ 2.700,00	C\$ 405,00
6,1	Componentes electronicos para sistema de automatizacion incluye placa de cobre, resistencia, diodos, capacitores, sensor de temperatura y	GBL	1	C\$ 1.480,00	C\$ 1.480,00	C\$ 1.480,00
6,2	Costos indirectos	GBL	1	C\$ 800,00	C\$ 800,00	C\$ 800,00
INVERSION TOTAL					C\$ 24.619,59	

Costo de Personal durante la operación del Horno

El Horno Solar cuenta con un sistema de automatización, esto nos reduce casi en su totalidad la intervención humana durante el proceso de secado, a simplemente cargar el horno de madera húmeda y sustraer la madera seca.

El personal que actualmente labora en las instalaciones del Programa Institucional de la Madera es capaz de asumir el rol de las actividades referentes al secado de madera utilizando el horno solar, siendo las mismas sustitutas de las labores anteriores en el proceso de secado al aire libre.

Por dichas razones el costo de Personal adicional para el secado de madera en el horno solar es nulo.

Comparación de Costos de Construcción con otros hornos

A mediados de este año se ejecutó en algunos departamentos, un proyecto de elaboración de 3 hornos solar, que beneficiara a los artesanos que trabajan la madera para elaboración de muebles.

"La inversión fue de 31 mil euros, equivalentes a 958 mil córdobas. Se están instalando 3 secadores como este²³, uno en el Tecnológico Ernest Tallman en Jinotepe, otro en el Centro de Formación Profesional en Granada y en Masaya en el Tecnológico Industrial Camilo Ortega" sito el Ing. Juan José Collado, Coordinador del Proyecto para Instituto Nacional Tecnológico (INATEC).

²³ Entrevista a Ing. Juan José Collado, Coordinador del Proyecto para INATEC.



Ilustración 36-Horno secador de madera de INATEC.

El proyecto de apoyo internacional consta con la elaboración de 3 hornos solares para el secado de madera con una capacidad de 6m^3 cada uno. Teniendo un costo promedio de cada uno de **C\$319,333.00** y un costo promedio de **C\$53,222.22** por cada metro cubico de madera secado en el mismo, eso sin mencionar los costos de operación.

Realizando una relación de inversión inicial por metro cubico entre los hornos ejecutados en los proyectos del INATEC y el horno a realizarse en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería se tiene lo siguiente.

$$\text{Relacion Porcentual} = \frac{\text{Costo por m}^3 \text{ (UNI)}}{\text{Costo por m}^3 \text{ (INATEC)}}$$

$$\text{Relacion Porcentual} = \frac{\text{Costo por m}^3 \text{ (UNI)}}{\text{Costo por m}^3 \text{ (INATEC)}}$$

$$\text{Relacion Porcentual} = 0.4626$$

Aproximadamente el 46.26% de lo que cuesta el metro cubico de construcción del horno solar secador de madera de INATEC es el costo por metro cubico de construcción del horno solar secador de madera instalado en la UNI, esto nos muestra que por el mismo costo podríamos fácilmente duplicar la capacidad de secado, incrementando el número de cámaras de secado de acuerdo a el aumento de la demanda de madera a secar.

7.2 Costos Variables

Costos de Operación

La tecnología utilizada por el Horno Solar requiere el uso de la energía solar térmica para su funcionamiento, reduciendo el consumo de energía eléctrica solamente al demandado por los ventiladores.

La demanda de potencia eléctrica de parte de cada ventilador es de 15W, se tienen dos ventiladores en el horno solar, con una demanda total de 30W, su equivalente a 0.03 KW.

Para definir el costo de energía eléctrica recurrimos al Pliego Tarifario Oficial emitido por el Instituto Nicaragüense de Energía (INE) en vigencia del mes de Julio²⁴ en la cual se puede determinar el costo de KWh según el La capacidad Contratada y Aplicación de la misma. Encontrando a la Universidad Nacional de Ingeniería en el rubro de General Mayor con un costo de 5.5432 C\$/KWh consumido.

Estimando un promedio de operación de los ventiladores del horno solar se tiene que trabajan 8 horas/día por 30 días/mes. Teniendo un total de 240h/mes.

²⁴ Instituto Nicaragüense De Energía. [En línea]. [Fecha de consulta: 19 julio 2017]. < http://www.ine.gob.ni/DGE/tarifasdge/2017/07/tarifaSocial_julio17.pdf >

Demanda Energética Mensual.

$$Demanda\ Energetica\ Mensual = (Demanda\ electrica) \times (Horas\ /mes).$$

$$Demanda\ Energetica\ Mensual = (0.03W) \times (240Horas\ /mes).$$

$$Demanda\ Energetica\ Mensual = (7.2kWh/mes).$$

El costo en córdobas sería el siguiente:

$$Costo\ Energetico\ Mensual = (Costo\ de\ Kwh) \times (Demanda\ de\ \frac{Kwh}{mes})$$

$$Costo\ Energetico\ Mensual = (5.5432C\$/Kwh) \times (7.2\frac{Kwh}{mes}) = 39.9096\frac{C\$}{mes}$$

$$Costo\ Energetico\ Anual = 478.91\frac{C\$}{año}.$$

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA ENTE REGULADOR TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE JULIO DE 2017 AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR					
BAJA TENSION (120,240 y 480 V)					
TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR	
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (C\$/kWh)	POTENCIA (C\$/kW-mes)
RESIDENCIAL	Exclusivo para uso de casas de habitación urbanas y rurales	T-0	Primeros 25 kWh	2.5292	
			Siguientes 25 kWh	5.4486	
			Siguientes 50 kWh	5.7066	
			Siguientes 50 kWh	7.5419	
			Siguientes 350 kWh	7.1124	
			Siguientes 500 kWh	11.2968	
			Adicionales a 1000 kWh	12.8710	
GENERAL MENOR	Carga contratada hasta 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas, Centros de Salud, Centros de Recreación, etc.)	T-1	TARIFA MONOMIA		
			0-150 kWh	4.7377	
			> 150 kWh	7.3949	
		T-1A	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
GENERAL MAYOR	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas, Centros de Salud, Hospitales, etc.).	T-2	Todos los kWh	5.3605	
			kW de Demanda Máxima		638.7324
			TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	5.5432	
			kW de Demanda Máxima		660.7492

Ilustración 37-Pliego tarifario INE mes de julio.

Costos de Mantenimiento

Los Costos de Mantenimiento tienen como finalidad básica estimular la optimización del uso de mano de obra, cantidad de materiales y maximizar los tiempos de operación del horno. Son causados en su mayoría por la depreciación del Horno Solar por la incidencia de las condiciones climatológicas y del ambiente en que se encuentra. Para el horno solar se podría realizar un plan de mantenimiento, pero el mantenimiento en si es muy sencillo, y basta con una estipular algunas actividades como las que citamos a continuación.

Tabla 3. Costo de mantenimiento anual de Horno solar.

Descripción	Causa	Efecto	Frecuencia Anual	Costo Anual. (C\$)
Pintado de Paredes Interiores.	Ácidos liberados por la madera.	Corrosión en las paredes internas, perdida de calor dentro de la cámara.	2 veces.	1,051.75
Pintado de Paredes Externas.	Condiciones ambientales y externas.	Corrosión de las paredes externas, oxidación de la fibra de vidrio interna.	1 vez.	525.87
Aplicación de Silicona en Techo.	Condiciones ambientales y externas.	Filtración de agua de lluvia en el techo, desprendimiento de sellador.	2 veces.	253
Pintado del Colector.	Radiación Solar y Ácidos liberados por la madera.	Decoloración del colector. Pérdida de Eficiencia del Horno.	2 veces.	262.93
Limpieza y lubricación de ventiladores.	Fatiga y contaminación externa.	Disminución del flujo de aire entrante y eleva el consumo de energía.	9 veces.	25
Costo total de mantenimiento anual.				C\$ 2,118.55

El Costo de operación Anual es la suma del costo energético anual y el costo de mantenimiento anual, que en total es **2,597.46 C\$/año**.

CONCLUSIONES

- El sector madera aporta en gran manera a la economía Nicaragüense, pero existen enormes pérdidas económicas causadas por un mal procesamiento de la materia prima, específicamente el proceso de secado de la madera.
- La implementación de un horno solar secador de madera en las PYMES que trabajan en este sector económico del país, ayuda a resolver de forma económica y eficiente el problema de secado de la madera, antes de ser trabajada.
- El horno solar secador de madera que se construyó en las Instalaciones del Programa Institucional de la Madera en la Universidad Nacional de Ingeniería, resulta ser solución económica ante el problema de secado, reduciendo las pérdidas económicas por un proceso de secado inadecuado y dando un valor agregado a la madera secada mediante esta tecnología.
- El horno solar secador de madera podría ser fácilmente reproducido por las PYMES que trabajan en este sector económico del país, debido a que sus materiales están disponibles a bajo costo en el mercado local.
- Según el estudio de los factores que afectan las pérdidas de humedad relacionados con la estructura de la madera y las variables inmersas en ello, es necesario realizar un control de secado automatizado que regule la humedad y la temperatura dentro de la cámara de secado, haciendo más eficiente y eficaz este proceso.

- El consumo de energía eléctrica durante la operación del horno es reducido, ya que para su funcionamiento se aprovecha principalmente la energía solar térmica.

RECOMENDACIONES

- Antes de efectuar la inversión en la construcción del horno solar es importante que se evalúe las necesidades de materia prima, con el fin de construir la secadora solar según la demanda y capacidad de producción de las PYMES.
- Al diseñar y construir un horno solar, el aislamiento térmico es de vital importancia para asegurar la calidad de la cámara de secado. Así como también se debe garantizar un ambiente hermético dentro de la cámara de secado.
- Si se compara los costos del horno convencional²⁵ con el horno solar, este último ofrece la ventaja de tener una inversión inicial relativamente baja. La inversión de instalar un horno convencional podría superar en un 85.5% la inversión de construir un horno solar.
- Si se desea instalar el horno solar secador de madera en lugares aislados y sin presencia de energía eléctrica, se tendría que implementar un panel solar para alimentar los ventiladores y sistema de automatización.

²⁵ Nyle. (Diciembre 2006). Introducción de Secado al Horno. [En línea]. [Fecha de consulta: 11 julio 2017]. < http://www.nyle.com/downloads/KilnDrying_ES.pdf. 8p. >

BIBLIOGRAFIA

1. Anaya, H.E. (1988). Ingenieros en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
2. Manrique, José A. (1984). Energía Solar, Fundamentos y aplicaciones Foto térmicas. Editorial Harla. México.
3. Rodríguez Anda, R.; Fuentes T., F.; Montes Ruelas, E. (1989). El uso de los secadores en la Industria de la madera. México.
4. Martínez-Pinillo, E. (1997). Diseño y ensayo de una secadora solar para madera. Madera y Bosques. España.
5. Rodríguez Anda, R.; Fuentes T., F.; y Montes Ruelas, E. (1989). Tecnología de Secado. Bolivia.
6. Benitez R. y Calderón A. (1980). Secador Solar para Madera. CEMAPIF-CUPROFOR. San Pedro Sula.
7. Reinders, R. (1999). Horno Solar para el Secado de Madera. Ebanistería El Galán-Libertad, Masaya-Nicaragua.
8. Vargas, A. Y Montealegre, M. (1998). Diseño de un Horno Solar para el Secado de las Maderas. Monografía Escuela de Diseño, UPOLI. Managua-Nicaragua.
9. Jones, C. (1983). Métodos de diseño. Gustavo Gili. México.
10. Viscarra, S. (1998). Guía para el secado de la madera en hornos. Bolivia

GLOSARIO

Conductividad térmica, Es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. En otras palabras, la conductividad térmica es también la capacidad de una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras adyacentes o a sustancias con las que está en contacto.

Isocianato polimérico, Los isocianatos son los precursores de los poliuretanos, un tipo de polímeros sintéticos conocidos comúnmente como plásticos esponjosos, y que son utilizados también como espumas rígidas, lacas, elastómeros e insecticidas.

Catalizadores, es aquello que permite desarrollar un proceso de transformación de tipo catalítico. Para entender el concepto, por lo tanto, debemos saber qué es la catálisis. Este vocablo que deriva del griego refiere a los cambios químicos que se generan a causa de sustancias que no sufren modificaciones durante el transcurso de una reacción.

Anhídrida, Como término general, se dice que una sustancia es anhidra si no contiene agua.

Lignina, Es una sustancia que aparece en los tejidos leñosos de los vegetales y que mantiene unidas las fibras de celulosa que los componen, la lignina constituye el 25% de la madera. Este componente de la madera realiza múltiples funciones que son esenciales para la vida de las plantas.

Pentóxido de fósforo, Es un polvo blanco muy corrosivo y extremadamente higroscópico. Se transporta en envases herméticamente cerrados, y se utiliza para desecar los gases y en síntesis orgánica.



Homogéneas, Es aquello que pertenece o que está relacionado a un mismo género.

Herrumbra, Sustancia que se forma sobre el hierro metálico expuesto a la humedad, es una sustancia color marrón cuya tonalidad varía de amarillento a rojizo, según la composición que corroe su superficie hasta llegar a perforarlo.



ANEXOS

Tabla A-4. Propiedades del aire a la presión de 1 atm.

TABLA A-15							
Propiedades del aire a la presión de 1 atm							
Temp., $T, ^\circ\text{C}$	Densidad, $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico, $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Conductividad térmica, $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{m}^2/\text{s}^2$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Nota: Para los gases ideales, las propiedades c_p , k , μ y Pr son independientes de la presión. Las propiedades ρ , ν y α a una presión P (en atm) diferente de 1 atm se determinan al multiplicar los valores de ρ , a la temperatura dada, por P y al dividir ν y α entre P .

Fuente: Datos generados basándose en el software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198, y Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, ISBN 0-306067020-8.

Tabla A-5. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua
Correspondiente al Mes de Enero.

[illegible]

Tabla A-6. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua
Correspondiente al Mes de Febrero.

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD T/R

TABLAS CLIMATICAS DE RESUMEN MENSUAL.

MES DE FEBRERO DE 2015

ESTACION A.C. SANDINO.

TEMPERATURA °C										EVAPORACIÓN				INSO		VIENTO (m/seg.)				PRECION							
		P-ROOCH				HUMEDAD		Precipitad		Piché		Tanque		Horas y Nubes		MED.		MAX.		MIN.		DD.PP		Presion A Nivel de la Estació		Presion A Nivel del Mar	
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	RELAT.	T. Vapor	(mm)	(mm)	(mm)	(ml)	Decim.	bajas	Nh	MAX	MIN	DD	PP	Med-rmb	Max-rmb	Min-rmb	Med-rmb	Max-rmb	Min-rmb	Med-rmb	Max-rmb	Min-rmb	Med-rmb
1	33.0	22.5	27.2	22.2	20.1	66	17.7	0.0	10.5	9.0	10.5	1	1	5.0	10	2	E	1005.5	1007.9	1002.3	1011.8	1014.2	1008.1				
2	34.3	22.4	28.1	22.0	19.3	61	16.9	0.0	9.0	0.8	10.6	2	2	4.3	7	2	E	1004.4	1006.8	1001.9	1011.1	1013.1	1008.5				
3	33.4	21.0	27.3	21.6	19.1	63	16.6	0.0	8.6	8.4	10.9	1	1	4.4	9	2	E	1005.1	1007.4	1002.4	1011.4	1013.7	1008.6				
4	34.3	20.2	27.8	21.4	18.3	60	15.9	0.0	9.3	9.9	10.8	1	1	4.8	9	2	E	1004.0	1006.3	1000.7	1010.2	1012.6	1006.9				
5	34.4	21.6	27.9	21.6	18.6	60	16.2	0.0	8.8	9.1	10.5	1	1	3.0	7	2	E	1004.5	1006.8	1001.6	1010.8	1013.0	1007.8				
6	35.0	22.5	28.5	22.5	20.0	62	17.6	0.0	10.7	8.9	10.0	1	1	3.7	9	2	E	1005.9	1007.9	1002.3	1012.1	1014.1	1008.5				
7	33.4	23.4	27.5	21.5	18.7	60	16.2	0.0	9.8	8.7	7.4	2	2	4.2	7	2	E	1006.6	1008.7	1003.9	1012.8	1015.0	1010.1				
8	32.5	22.0	27.1	21.4	18.8	63	16.3	0.0	9.4	9.4	9.0	2	2	3.5	7	2	SE	1006.5	1008.6	1003.6	1012.8	1014.9	1009.8				
9	33.7	21.2	27.2	22.2	20.0	68	17.6	0.0	6.6	7.5	10.7	2	2	1.9	4	2	E	1005.4	1008.2	1002.3	1011.7	1014.5	1008.5				
10	33.1	22.2	26.9	21.9	19.7	67	17.3	0.0	5.5	4.4	7.4	2	2	1.8	4	2	E	1004.2	1006.4	1001.8	1010.3	1012.7	1008.0				
11	33.3	23.4	27.9	22.1	19.5	65	17.1	0.0	X	11.9	10.8	1	1	3.9	7	2	SE	1005.1	1007.2	1002.6	1011.4	1013.5	1008.8				
12	33.5	21.2	27.4	20.9	17.8	58	15.4	0.0	X	9.7	10.8	1	1	3.8	7	2	E	1006.2	1008.6	1003.6	1012.4	1014.9	1009.8				
13	33.9	23.1	28.2	21.2	17.8	55	15.3	0.0	10.8	10.3	10.9	1	1	4.6	6	2	E	1006.9	1008.8	1004.3	1013.1	1015.1	1010.5				
14	32.3	22.4	27.2	19.5	15.4	50	13.1	0.0	13.0	13.0	10.9	0	0	6.0	9	3	E	1007.7	1009.4	1005.5	1013.9	1015.4	1011.8				
15	32.5	21.0	26.8	19.4	14.9	51	13.3	0.0	11.4	10.1	10.9	1	1	4.4	10	2	E	1006.7	1008.8	1003.6	1012.9	1015.1	1009.8				
16	33.8	20.8	27.2	20.6	17.4	56	15.0	0.0	13.3	11.1	10.3	1	1	5.1	12	2	E	1005.4	1008.2	1002.3	1011.7	1014.5	1008.5				
17	34.0	22.1	28.2	22.3	19.7	62	17.3	0.0	9.6	10.7	10.8	2	2	4.1	7	2	SE	1004.9	1007.2	1002.0	1011.1	1013.4	1008.2				
18	34.5	21.8	28.5	22.3	19.6	61	17.1	0.0	10.5	11.7	10.8	1	1	4.0	7	2	E	1006.2	1008.4	1002.7	1012.4	1014.6	1008.9				
19	34.3	24.1	28.2	22.1	19.4	61	17.0	0.1	9.2	9.8	9.4	2	2	5.0	8	2	E	1006.6	1008.7	1003.5	1012.8	1014.9	1009.7				
20	32.5	21.0	26.2	20.1	17.0	59	14.6	0.0	9.3	9.4	11.1	1	1	4.3	9	2	E	1006.7	1008.4	1004.6	1013.0	1014.7	1010.8				
21	32.7	22.2	26.6	20.8	18.0	60	15.6	0.0	8.5	9.2	9.8	2	2	4.6	10	2	E	1006.2	1007.9	1003.9	1012.0	1014.2	1010.1				
22	35.0	21.6	28.4	21.7	18.6	58	18.6	0.0	11.2	10.8	10.8	1	1	5.3	12	2	E	1004.8	1006.3	1002.0	1011.0	1012.6	1008.2				
23	34.0	23.8	28.1	22.5	20.2	63	17.7	0.0	10.1	7.9	9.1	2	2	5.9	12	2	E	1005.6	1007.8	1002.8	1011.9	1014.0	1009.0				
24	34.6	24.4	28.1	22.1	19.3	61	16.9	0.0	9.0	10.8	10.1	2	2	5.1	9	2	E	1005.5	1007.4	1002.6	1011.8	1013.6	1008.8				
25	34.6	21.8	27.9	22.4	19.9	64	17.5	0.0	8.0	9.0	9.7	2	2	3.6	7	2	E	1004.7	1007.2	1001.8	1010.9	1013.5	1008.0				
26	34.5	21.9	27.8	21.8	19.0	61	16.5	0.0	9.3	10.7	11.2	1	1	3.2	6	2	E	1004.0	1007.1	1001.5	1010.2	1013.4	1007.7				
27	35.5	21.2	27.9	22.0	19.4	62	17.0	0.0	8.4	9.3	10.6	2	2	3.8	8	2	E	1004.6	1007.0	1001.3	1010.8	1013.2	1007.5				
28	35.1	23.0	28.8	21.7	18.3	56	15.8	0.0	10.0	10.9	10.5	1	1	5.0	9	2	E	1006.2	1008.3	1003.5	1012.5	1014.5	1009.7				
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SUMA	947.7	619.8	774.9	603.8	523.8	1693.0	459.1	0.1	249.8	262.4	286.3	39.0	39.0	118.3	228.0	57.0	E25	28156.1	28217.7	28076.9	28330.8	28392.9	28250.6				
MEDIA	33.8	22.1	27.7	21.6	18.7	60.5	16.4	0.0	9.6	9.4	10.2	1.4	1.4	4.2	8.1	2.0	-	1005.6	1007.8	1002.7	1011.8	1014.0	1009.0				
MAX	35.5	24.4	28.8	22.5	20.2	68.0	18.6	0.1	13.3	13.0	11.2	2.0	2.0	6.0	12.0	3.0	-	1007.7	1009.4	1005.5	1013.9	1015.4	1011.8				
MIN	32.3	20.2	26.2	19.4	14.9	50.0	13.1	0.0	5.5	0.8	7.4	0.0	0.0	1.8	4.0	2.0	-	1004.0	1006.3	1000.7	1010.2	1012.6	1006.9				
>=0.5	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Δ MAX	27	4	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Δ MIN	27	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Med-rmb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabla A-7. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua
Correspondiente al Mes de Marzo.

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
I.N.E.T.E.R.
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD T/R
TABLAS CLIMÁTICAS DE RESUMEN MENSUAL.

ESTACION A.C. SANDINO.

MES DE MARZO DE 2015

TEMPERATURA °C										HUMEDAD				EVAPORACIÓN				INSO		VIENTO (m/seg.)		PRECION			
D/A	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat. T. Vapor		Precipitac. (mm)	Piché (mm)	Tanque (ml)	Horas y Nubes		MED.	MAX	MIN.	DD,PP	Presion A Nivel de la Estación		Presion A Nivel del Mar						
						H.	T.				Decim.	bajas					Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb			
1	34.8	22.0	28.7	21.5	18.1	55	15.6	0.0	9.4	9.7	10.3	1	4.8	8	2	E	1007.0	1009.0	1004.2	1013.2	1015.2	1010.4			
2	33.4	23.4	28.1	21.9	19.1	59	16.6	0.0	8.1	7.7	8.8	2	5.7	9	2	E	1006.2	1008.8	1002.8	1012.4	1015.0	1009.0			
3	34.2	21.5	28.1	21.7	18.7	58	16.2	0.0	12.0	11.2	8.4	2	5.6	13	2	E	1004.8	1007.4	1001.5	1011.0	1013.6	1007.7			
4	34.5	23.4	28.1	21.9	19.1	60	16.6	0.0	9.6	10.7	9.2	2	4.8	10	2	E	1004.0	1006.3	1001.0	1010.2	1012.5	1007.2			
5	35.3	23.0	28.8	22.7	20.0	61	17.6	0.0	9.9	10.9	9.7	2	5.3	9	2	E	1004.3	1006.7	1001.0	1010.5	1012.9	1007.2			
6	33.7	22.1	26.9	22.2	20.2	69	17.8	0.6	6.1	9.7	6.1	3	4.7	11	2	E	1006.2	1008.3	1004.2	1012.4	1014.6	1010.4			
7	33.9	22.0	27.3	21.0	18.0	59	15.5	0.0	8.6	9.3	8.2	2	5.3	9	2	E	1006.4	1009.8	1003.4	1012.7	1016.1	1009.6			
8	34.6	24.6	28.3	21.1	17.7	54	15.2	0.0	11.2	13.1	9.4	2	6.9	12	3	E	1004.2	1007.1	1000.6	1010.4	1013.3	1006.8			
9	35.0	22.0	28.3	21.5	18.3	56	15.8	0.0	10.0	11.0	10.4	2	6.1	12	2	E	1002.8	1005.0	999.9	1009.0	1011.2	1006.1			
10	32.5	21.7	27.5	22.1	19.7	64	17.2	0.0	6.3	7.4	7.3	2	4.3	8	2	E	1003.2	1004.6	1000.7	1009.4	1010.8	1006.9			
11	35.3	21.3	28.5	22.5	20.0	63	17.6	0.0	8.1	10.0	9.9	1	4.5	10	2	E	1003.4	1005.0	1000.7	1009.6	1011.2	1006.9			
12	35.0	24.0	29.0	23.0	20.4	62	18.0	0.0	8.5	10.6	9.3	2	5.8	10	2	E	1003.8	1005.6	1001.1	1010.0	1011.8	1007.3			
13	36.0	24.4	28.8	22.2	19.2	58	16.7	0.0	9.3	13.1	10.5	2	6.4	11	2	E	1003.8	1005.9	1000.2	1010.0	1012.1	1006.4			
14	33.5	24.0	26.9	21.6	19.1	64	16.6	0.0	7.6	8.4	6.1	3	4.8	10	2	E	1004.3	1006.2	1001.4	1010.4	1012.5	1007.6			
15	33.7	22.4	27.8	21.8	19.0	61	16.6	0.0	8.9	9.8	10.3	2	4.6	8	2	E	1005.1	1007.1	1002.2	1011.4	1013.4	1008.4			
16	35.1	23.2	28.8	20.8	16.8	51	14.5	0.0	12.1	12.3	10.8	1	5.7	10	2	E	1006.0	1008.3	1002.8	1012.3	1014.5	1009.0			
17	32.9	22.9	27.4	21.8	19.2	62	16.7	0.0	8.5	7.6	6.8	2	4.9	9	2	E	1006.5	1008.6	1004.0	1012.8	1014.9	1010.2			
18	34.0	23.9	28.2	21.7	18.6	58	16.2	0.0	11.6	13.0	8.3	2	4.9	8	3	E	1006.1	1008.5	1003.1	1012.3	1014.8	1009.3			
19	34.5	20.2	27.6	21.4	18.6	61	16.1	0.0	10.5	10.5	9.6	2	4.0	7	2	E	1006.5	1009.1	1003.2	1012.8	1015.4	1009.4			
20	34.7	22.7	28.6	21.9	18.8	59	16.4	0.0	11.5	13.5	11.0	2	4.3	8	2	E	1007.3	1010.0	1004.3	1013.5	1016.2	1010.5			
21	35.3	21.8	28.3	22.0	19.2	60	16.7	0.0	10.6	12.5	11.0	1	4.8	7	2	E	1007.2	1010.2	1003.9	1013.4	1016.4	1010.1			
22	34.9	22.4	28.5	21.3	19.3	60	16.9	0.0	9.6	11.3	11.0	1	4.0	7	2	E	1006.6	1009.1	1003.2	1012.8	1015.3	1009.4			
23	35.2	22.0	28.7	22.0	19.0	59	16.6	0.0	11.0	12.3	10.9	1	3.5	6	2	E	1006.8	1009.4	1003.8	1013.0	1015.6	1010.0			
24	35.5	22.5	28.8	22.1	19.2	59	16.7	0.0	10.8	10.5	10.8	2	4.2	8	2	E	1007.3	1009.8	1004.4	1013.5	1016.0	1010.6			
25	35.5	23.0	28.9	22.3	19.4	59	16.9	0.0	12.3	13.7	11.1	1	4.8	8	2	E	1006.9	1009.4	1003.8	1013.1	1015.6	1010.0			
26	35.2	22.0	29.0	22.4	19.5	59	17.1	0.0	10.7	14.8	11.3	1	4.1	7	2	E	1005.6	1008.4	1002.6	1011.8	1014.6	1008.8			
27	35.6	22.4	29.0	22.2	19.2	58	16.7	0.0	9.8	10.2	11.2	1	3.1	6	2	E	1005.5	1007.8	1002.3	1011.7	1014.0	1008.5			
28	35.1	23.5	29.7	22.5	19.3	56	16.8	0.0	10.2	10.5	10.0	1	4.8	9	2	E	1007.1	1009.7	1003.9	1013.3	1015.9	1010.1			
29	36.7	24.2	30.0	22.2	18.6	53	16.2	0.0	11.8	11.6	8.8	1	4.6	7	2	E	1007.8	1010.3	1004.3	1014.0	1016.5	1010.5			
30	35.5	23.0	29.2	22.3	19.3	58	16.9	0.0	11.0	11.3	10.0	1	4.2	7	2	E	1007.2	1010.0	1003.8	1013.4	1016.2	1010.0			
31	35.6	21.8	29.2	22.0	18.6	56	16.2	0.0	11.5	15.0	11.3	1	4.5	8	2	E	1005.4	1007.8	1002.0	1011.6	1014.0	1008.2			
SUMA	1076.7	703.3	881.0	679.6	589.2	1831.0	513.2	0.6	307.1	343.2	297.8	50.5	150.0	272.0	64.0	E31	3117.53	31249.2	31080.3	31368.0	31442.1	31272.5			
MEDIA	34.7	22.7	28.4	21.9	19.0	59.1	16.6	0.0	9.9	11.1	9.6	1.6	4.8	8.8	2.1	-	1005.7	1008.0	1002.6	1011.9	1014.3	1008.8			
MAX	36.7	24.6	30.0	23.0	20.4	69.0	18.0	0.6	12.3	15.0	11.3	3.0	6.9	13.0	3.0	-	1007.8	1010.3	1004.4	1014.0	1016.5	1010.6			
MIN	32.5	20.2	26.9	20.8	16.8	51.0	14.5	0.0	6.1	7.4	6.1	1.0	3.1	6.0	2.0	-	1002.8	1004.6	999.9	1009.0	1010.8	1006.1			
>=0.5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
DIA MAX/MIN	29	19	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	30.0	Piché	Tanque	INSOL	Nh	MED.	MAX	MIN.	DD,PP	Med-mb	-	-	-	-	-			
																	Med-mb	-	-	-	-	Med-mb			

Tabla A-8. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua
Correspondiente al Mes de Abril.

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

I.N.E.T.E.R.

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD T/R

TABLAS CLIMATICAS DE RESUMEN MENSUAL.

MES DE ABRIL DE 2015

ESTACION A.C. SANDINO.

DÍA	TEMPERATURA °C					EVAPORACIÓN					VIENTO (m/seg.)				PRECION							
	P-ROCIO		H. Relat.		T. Vapor	Precipitac. (mm)	Piché (mm)	Tanque (ml)	Horas y Nubes	MED.	MAX.	MIN.	DD,PP	Presion A Nivel de la Estació		Presion A Nivel del Mar						
	MAX	MIN	MED.	TH										H. Relat.	Max-mb	Med-mb	Min-mb	Max-mb	Med-mb	Min-mb		
1	36.3	25.0	29.6	22.6	19.5	0.0	12.6	11.6	10.0	2	5.0	8	2	E	1005.2	1007.9	1001.9	1011.4	1014.1	1008.1		
2	36.8	24.5	29.3	23.0	20.3	0.0	10.4	11.5	10.5	2	5.0	8	3	E	1005.5	1008.6	1002.4	1011.7	1014.8	1008.6		
3	36.3	23.6	29.5	22.5	19.5	0.0	11.7	11.1	8.6	2	5.2	8	2	E	1004.8	1007.2	1001.3	1011.0	1013.5	1007.5		
4	36.9	23.6	30.0	22.8	19.7	0.0	11.3	10.7	11.4	2	4.2	7	2	E	1003.9	1005.8	1000.4	1010.1	1012.0	1006.6		
5	36.9	25.1	28.6	22.6	20.0	61	17.6	0.5	10.2	8.9	2	5.7	12	E	1003.4	1005.4	1000.4	1009.6	1011.6	1006.6		
6	36.1	23.6	28.9	22.1	19.0	61	16.5	0.0	11.2	9.8	11.2	2	5.2	9	E	1003.8	1006.2	1001.1	1010.0	1012.4	1007.3	
7	36.7	24.4	29.7	22.0	18.5	53	16.0	0.0	16.2	14.2	11.2	1	6.6	12	3	E	1004.0	1006.4	1001.0	1010.2	1012.6	1007.2
8	36.8	23.8	29.6	22.2	18.8	55	16.4	0.0	13.2	13.0	11.2	2	5.4	8	3	E	1003.6	1006.2	999.9	1009.8	1012.4	1006.1
9	36.5	21.6	29.2	22.3	19.2	57	16.7	0.0	12.5	14.5	11.2	1	4.8	9	2	E	1003.6	1005.6	1000.7	1009.8	1011.8	1006.9
10	36.9	22.8	29.6	22.6	19.6	58	17.1	0.0	12.2	11.7	11.4	1	4.8	9	2	E	1003.7	1005.6	1001.1	1009.9	1011.8	1007.3
11	34.8	24.8	29.5	23.8	21.7	63	19.4	0.0	10.0	9.7	9.2	1	4.8	9	2	E	1004.2	1006.0	1001.1	1010.4	1012.2	1007.3
12	36.8	25.4	30.0	23.3	20.5	59	18.2	0.0	11.5	12.8	10.2	1	5.9	10	2	E	1004.7	1007.4	1001.5	1010.9	1013.6	1007.7
13	36.8	25.8	30.3	24.1	21.6	61	19.4	0.0	11.8	9.9	8.9	2	5.2	7	3	E	1005.4	1007.4	1002.7	1011.6	1013.6	1008.9
14	36.7	25.3	30.2	23.8	21.2	61	19.0	0.0	14.4	10.5	10.0	2	4.3	7	2	E	1005.3	1007.9	1001.8	1011.5	1014.1	1007.9
15	36.4	24.5	29.8	23.5	21.0	61	18.7	0.0	10.4	9.0	8.1	2	3.5	7	2	E	1005.0	1006.7	1002.2	1011.2	1012.9	1008.4
16	36.8	24.0	30.2	23.8	21.2	60	18.9	0.0	9.5	11.4	10.9	1	5.0	10	2	E	1004.8	1006.6	1001.5	1010.0	1012.8	1007.7
17	36.5	24.1	29.8	23.4	20.8	61	18.6	0.0	13.4	9.1	11.4	1	5.1	10	2	E	1005.0	1007.4	1002.3	1011.1	1013.6	1008.5
18	36.5	24.0	30.1	23.8	21.2	61	18.9	0.0	10.7	12.8	11.3	2	4.5	7	2	E	1004.0	1006.8	1000.6	1010.2	1013.0	1006.8
19	36.5	24.3	30.6	23.6	20.7	58	18.4	0.0	12.5	11.7	11.3	2	4.2	7	2	E	1003.2	1005.8	999.6	1009.4	1012.0	1005.8
20	36.5	24.0	30.3	23.3	20.3	58	18.0	0.0	12.6	12.2	11.3	1	3.6	7	2	E	1002.9	1005.8	999.6	1009.1	1012.0	1005.8
21	37.0	26.5	31.2	24.4	21.7	59	19.5	0.0	14.4	11.4	10.9	1	4.4	8	2	E	1003.3	1006.6	999.6	1009.5	1012.8	1005.8
22	37.5	25.2	31.0	24.3	21.6	60	19.4	0.0	9.7	13.0	10.6	2	5.0	8	2	E	1003.0	1005.5	999.8	1009.1	1011.7	1005.9
23	37.1	24.2	31.0	23.3	19.9	55	17.5	0.0	15.8	17.7	11.0	1	5.2	9	2	E	1003.6	1005.8	1000.3	1009.4	1012.0	1006.5
24	37.3	24.4	30.2	22.6	19.2	55	16.8	0.0	14.1	12.8	10.2	2	4.7	8	2	E	1004.4	1006.6	1001.4	1010.5	1012.8	1007.5
25	36.5	24.1	30.0	22.9	19.8	56	17.4	0.0	13.0	11.7	9.0	2	4.0	6	2	E	1003.9	1006.6	1000.7	1010.1	1012.8	1006.9
26	36.0	24.4	30.1	23.3	20.4	58	18.1	0.0	12.9	11.3	10.7	1	4.7	7	2	E	1002.6	1006.6	1002.0	1008.8	1012.8	1006.4
27	36.1	25.1	30.8	24.5	22.0	61	19.8	0.0	9.3	9.0	10.4	1	3.3	9	2	E	1001.4	1003.9	998.8	1007.6	1010.1	1005.0
28	37.2	27.2	31.5	25.0	22.6	61	20.6	0.0	7.8	10.1	7.8	3	3.0	5	2	E	1000.3	1002.6	997.3	1006.4	1008.8	1003.4
29	37.3	28.0	31.8	26.3	24.4	67	23.0	52.8	8.1	7.8	6.2	3	2.6	4	2	W	1000.3	1002.4	997.0	1006.5	1008.5	1003.1
30	30.4	23.9	27.4	25.0	24.1	82	22.5	23.0	2.3	1.5	0.0	3	1.0	6	2	SE	1002.8	1005.6	1000.8	1009.0	1011.9	1007.0
31																						
SUMA	1064.9	737.2	899.8	702.7	620.0	1784.0	551.5	76.3	345.7	335.7	295.0	51.0	135.9	241.0	64.0	E28	30111.6	30184.9	30020.8	30295.8	30371.0	30204.5
MEDIA	36.2	24.6	30.0	23.4	20.7	59.5	18.4	2.5	11.5	11.2	9.8	1.7	4.5	8.0	2.1	-	1003.7	1006.2	1000.7	1009.9	1012.4	1006.8
MAX	37.5	28.0	31.8	26.3	24.4	82.0	23.0	52.8	16.2	17.7	11.4	3.0	6.6	12.0	3.0	-	1005.5	1008.6	1002.7	1011.7	1014.8	1008.9
MIN	30.4	21.6	27.4	22.0	18.5	53.0	16.0	0.0	2.3	1.5	0.0	1.0	1.0	4.0	2.0	-	1000.3	1002.4	997.0	1006.4	1008.5	1003.1
>=0.5	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIA MAX/MIN	22	9	-	-	-	-	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	Piché	Tanque	INSOL	Nh	MED.	MAX.	MIN.	DD,PP	Med-mb						

Tabla A-9. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua
Correspondiente al Mes de Mayo.INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
I.N.E.T.E.R.
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD T/R
TABLAS CLIMÁTICAS DE RESUMEN MENSUAL.

ESTACION A.C. SANDINO.

MES DE MAYO DE 2015

TEMPERATURA °C													HUMEDAD				EVAPORACIÓN				INNO	Nh	VIENTO (m/seg.)						PRECION			
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	HUMEDAD		Precipitac. (mm)	Piché (mm)	Tanque (ml)	Horas y Decim.	Nubes bajas	MED.	MAX.	MIN.	DD,PP	Presion A Nivel de la Estación		Presion A Nivel del Mar		Min-mb	Max-mb	Min-mb	Max-mb								
						H. Relat.	T. Vapor										Med-mb	Max-mb	Med-mb	Max-mb												
1	36,4	26,6	29,7	24,7	22,8	69	20,9	1,3	8,7	10,2	7,1	3	3,2	6	2	SE	1003,3	1006,4	999,6	1009,5	1012,6	1005,7	1003,3	1009,6	1012,6	1005,7						
2	36,1	23,4	24,0	24,1	22,1	69	20,0	10,5	9,0	12,7	9,6	3	3,0	6	2	SE	1003,0	1005,3	999,3	1009,2	1011,5	1005,5	1003,0	1009,3	1011,5	1005,5						
3	34,1	24,6	29,2	24,1	22,1	67	20,0	0,0	9,5	9,0	10,4	2	3,8	6	2	E	1003,4	1005,3	1000,6	1009,6	1011,5	1006,8	1003,4	1009,6	1011,5	1006,8						
4	35,7	25,3	30,0	24,1	21,8	64	19,7	0,0	12,2	11,2	11,1	2	4,3	6	2	E	1003,8	1005,8	1000,6	1010,0	1012,0	1006,8	1003,8	1005,8	1010,0	1006,8						
5	35,3	25,0	29,9	23,6	21,1	61	18,8	0,0	12,4	9,7	11,1	2	3,7	7	2	E	1004,1	1006,7	1000,6	1010,3	1012,9	1006,8	1004,1	1006,7	1010,3	1006,8						
6	36,1	25,2	30,5	24,0	21,4	60	19,1	0,0	10,6	9,8	11,0	2	3,8	6	2	E	1003,1	1005,8	1000,0	1009,3	1012,0	1006,2	1003,1	1005,8	1010,0	1006,2						
7	36,7	25,8	30,9	24,7	22,4	62	20,3	0,0	10,2	15,9	8,6	2	3,8	8	2	E	1002,7	1005,1	1000,0	1008,9	1011,3	1006,1	1002,7	1005,1	1010,0	1006,1						
8	36,5	26,6	31,2	24,3	21,6	58	19,4	0,0	10,6	10,4	10,8	3	5,4	8	2	E	1002,4	1004,6	999,6	1008,6	1010,8	1005,8	1002,4	1004,6	1010,8	1005,8						
9	36,5	26,0	30,6	24,0	21,3	60	19,1	0,1	9,9	10,6	10,6	2	4,8	7	3	E	1002,6	1004,8	999,1	1008,8	1011,0	1005,2	1002,6	1004,8	1011,0	1005,2						
10	35,8	24,4	29,9	23,8	21,4	62	19,1	0,0	8,6	8,8	9,5	2	4,7	8	2	E	1002,5	1004,6	999,9	1008,7	1010,8	1006,1	1002,5	1004,6	1010,8	1006,1						
11	35,7	25,2	30,3	23,6	20,8	59	18,5	0,0	8,7	10,2	10,3	2	4,7	8	2	E	1002,7	1004,7	999,6	1008,9	1010,9	1005,8	1002,7	1004,7	1010,9	1005,8						
12	36,1	25,2	30,6	24,2	21,7	61	19,5	0,0	9,7	10,8	10,0	1	5,1	9	2	E	1003,0	1005,6	1000,6	1009,2	1011,1	1006,8	1003,0	1005,6	1010,6	1006,8						
13	35,5	26,0	30,1	23,9	21,5	61	19,2	0,0	8,6	10,0	8,6	3	5,5	10	2	E	1003,5	1005,5	1000,2	1009,7	1011,8	1006,4	1003,5	1005,5	1010,2	1006,4						
14	36,1	24,8	30,0	23,7	21,1	60	18,8	0,0	9,4	9,8	9,9	2	5,1	10	2	E	1003,8	1005,4	1001,0	1010,0	1011,6	1007,2	1003,8	1005,4	1010,0	1007,2						
15	34,7	25,0	29,5	23,0	20,3	59	17,9	0,0	8,4	9,3	9,3	3	4,8	11	2	E	1004,4	1006,7	1002,3	1010,6	1012,9	1008,5	1004,4	1006,7	1010,6	1008,5						
16	35,7	23,4	29,0	23,3	20,8	64	18,6	0,0	7,5	8,9	10,5	2	4,6	8	2	E	1005,4	1006,6	1003,0	1011,6	1012,8	1009,2	1005,4	1006,6	1011,6	1009,2						
17	33,6	23,0	27,1	23,5	22,0	75	19,9	41,5	4,7	11,0	6,4	2	4,1	13	2	SE	1006,2	1009,1	1004,3	1012,4	1015,4	1010,5	1006,2	1009,1	1012,4	1010,5						
18	33,6	22,9	27,8	22,9	20,9	68	18,6	0,0	5,5	7,1	4,3	3	3,5	7	2	E	1006,1	1008,3	1003,5	1012,3	1014,5	1009,7	1006,1	1008,3	1012,3	1009,7						
19	33,7	25,2	28,7	23,5	21,3	66	19,1	0,0	6,6	8,3	6,3	2	4,4	9	2	E	1005,1	1006,8	1003,1	1011,4	1013,0	1009,3	1005,1	1006,8	1011,4	1009,3						
20	35,4	23,8	29,2	23,6	21,3	65	19,1	0,0	7,5	9,7	9,5	1	3,8	6	2	E	1004,5	1006,3	1001,5	1010,7	1012,5	1007,7	1004,5	1006,3	1010,7	1007,7						
21	34,5	24,4	29,0	23,8	21,7	66	19,5	0,0	8,2	9,5	10,5	2	4,3	7	2	E	1005,1	1006,7	1003,0	1011,3	1012,9	1009,2	1005,1	1006,7	1011,3	1009,2						
22	32,5	25,2	27,8	24,0	22,5	74	20,6	5,5	5,1	6,4	5,7	3	4,3	8	2	E	1005,7	1007,6	1004,4	1012,0	1013,8	1010,6	1005,7	1007,6	1012,0	1010,6						
23	34,1	25,0	29,0	23,9	21,9	67	19,8	0,0	6,7	7,8	5,4	3	4,5	8	2	E	1005,8	1007,9	1002,8	1012,0	1014,2	1009,0	1005,8	1007,9	1012,0	1009,0						
24	34,3	25,0	29,3	23,3	20,8	62	18,5	0,0	7,9	9,0	7,7	2	4,4	7	2	E	1005,0	1006,8	1002,7	1011,2	1013,0	1008,9	1005,0	1006,8	1011,2	1008,9						
25	32,9	23,4	27,9	23,5	21,7	71	19,5	0,5	5,2	6,5	7,2	3	4,6	8	2	E	1005,1	1006,8	1002,6	1011,4	1013,0	1008,8	1005,1	1006,8	1011,4	1008,8						
26	34,9	24,4	29,6	23,1	20,0	59	18,0	0,0	7,5	8,8	11,2	2	4,3	7	2	E	1004,9	1006,7	1002,3	1011,1	1012,9	1008,5	1004,9	1006,7	1011,1	1008,5						
27	34,3	23,2	29,1	22,9	20,3	61	17,9	0,0	7,6	9,1	8,3	1	3,8	8	2	E	1004,9	1007,1	1001,8	1011,1	1013,3	1008,0	1004,9	1007,1	1011,1	1008,0						
28	34,8	24,2	29,3	23,2	20,7	61	18,4	0,0	7,7	9,8	11,4	2	4,1	8	2	E	1004,6	1006,6	1001,5	1010,8	1012,8	1007,7	1004,6	1006,6	1010,8	1007,7						
29	33,9	23,8	28,7	23,2	20,9	64	18,6	0,0	8,4	10,9	10,1	2	3,9	7	2	E	1004,5	1006,0	1002,0	1010,7	1012,2	1008,2	1004,5	1006,0	1010,7	1008,2						
30	34,3	23,6	28,8	23,1	20,7	63	18,4	0,0	6,7	8,0	8,6	2	3,9	6	2	E	1003,8	1005,8	1001,1	1010,0	1012,0	1007,3	1003,8	1005,8	1010,0	1007,3						
31	35,1	24,2	29,0	24,0	22,0	68	19,9	0,0	6,2	7,6	8,6	2	3,3	7	2	E	1003,6	1005,8	1001,3	1009,8	1012,0	1007,5	1003,6	1005,8	1010,0	1007,5						
SUMA	1084,9	763,8	905,7	734,6	662,9	1986,0	594,7	59,4	255,5	296,8	279,6	68,0	131,5	240,2	63,0	E28	31128,6	31193,2	31043,9	31321,1	31385,0	31235,8	31128,6	31193,2	31043,9	31235,8						
MEDIA	35,0	24,6	29,2	23,7	21,4	64,1	19,2	1,9	8,2	9,6	9,0	2,2	4,2	7,7	2,0	-	1004,1	1006,2	1001,4	1010,4	1012,4	1007,6	1004,1	1006,2	1010,4	1007,6						
MAX	36,7	26,6	31,2	24,7	22,8	75,0	20,9	41,5	12,4	15,9	11,4	3,0	5,5	13,0	3,0	-	1006,2	1009,1	1004,4	1012,4	1015,4	1010,6	1006,2	1009,1	1012,4	1010,6						
MIN	32,5	22,9	24,0	22,9	20,0	58,0	17,9	0,0	4,7	6,4	4,3	1,0	3,0	6,0	2,0	-	1002,4	1004,6	999,1	1008,6	1010,8	1005,2	1002,4	1004,6	1008,6	1005,2						
>=0,5	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
DIA MAX/MIN	7	18	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Med-mb	-	-	-	Med-mb	-	-	-	-						
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	25,0	Piché	Tanque	INSOL	Nh	Nh	MED.	MAX.	MIN.	DD,PP	Med-mb	-	-	-	Med-mb	-	-	-	-						

Tabla A-10. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua
Correspondiente al Mes de Junio.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
I.N.E.T.E.R.
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD T/R
TABLAS CLIMÁTICAS DE RESUMEN MENSUAL
MES DE JUNIO DE 2015
ESTACION A.C. SANDINO.

TEMPERATURA °C										EVAPORACIÓN				INNO	Nh	VIENTO (m/seg.)				PRECION			
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCI	HUMEDAD		PICHÉ		TANQUE		Horas y	Nubes	MED.	MAX	MIN	DD_PP	Presion A Nivel de la Estaci		Max-mb	Min-mb	Med-mb	Presion A Nivel del Mar
						Relat.T. Vapor	(mm)	(mm)	(mm)	(ml)	Decim.							balas	Med-mb				
1	34.2	24.8	29.2	24.2	22.3	68	20.3	0.0	6.6	6.1	6.3	2	3.2	7	2	E	1003.4	1005.3	1000.4	1009.6	1011.5	1006.6	
2	36.5	24.4	30.5	24.6	22.4	64	20.3	53.5	7.0	8.4	10.5	4	3.2	7	2	E	1002.2	1004.0	998.6	1008.4	1010.2	1004.7	
3	34.5	24.2	28.1	24.7	23.5	78	21.8	38.8	3.6	5.4	4.4	4	1.9	5	2	E	1002.0	1004.3	998.7	1008.2	1010.5	1004.9	
4	32.8	23.3	27.6	25.0	24.1	82	22.5	0.0	2.0	6.0	4.1	3	1.4	3	2	E	1003.7	1005.3	1001.9	1010.0	1011.5	1008.1	
5	32.9	24.5	27.8	25.0	24.0	81	22.3	37.0	2.5	3.2	4.0	3	1.9	6	2	SE	1003.8	1005.1	1001.5	1010.0	1011.3	1007.7	
6	34.7	23.4	28.2	25.1	24.0	79	22.4	1.9	4.4	8.7	9.9	3	2.1	8	2	E	1003.6	1005.8	1000.2	1009.8	1012.0	1006.4	
7	30.1	25.0	27.0	24.6	23.7	83	22.0	0.3	2.4	2.9	0.0	3	2.5	7	2	E	1004.2	1006.3	1001.3	1010.4	1012.6	1007.5	
8	27.5	24.5	25.8	24.0	23.4	87	21.5	0.4	1.7	2.7	0.0	3	1.4	4	2	E	1004.8	1006.3	1003.2	1011.1	1012.6	1009.4	
9	33.9	24.0	27.5	24.3	23.1	78	21.2	9.7	3.8	6.1	5.1	3	2.0	4	2	E	1003.9	1005.6	1000.4	1008.8	1011.9	1006.6	
10	31.0	23.6	25.9	24.4	23.8	88	22.1	28.3	2.1	2.9	4.0	4	1.8	3	2	E	1003.7	1005.5	1001.3	1010.0	1011.8	1007.5	
11	33.3	23.9	26.8	24.4	23.6	84	21.8	161.0	2.6	XX	5.9	4	1.3	5	2	E	1004.1	1006.8	1001.3	1010.3	1013.1	1007.5	
12	32.2	23.4	27.7	24.7	23.6	80	21.9	2.1	3.6	7.1	9.0	3	2.3	6	2	SE	1003.8	1005.9	1001.1	1010.0	1012.2	1007.3	
13	33.3	24.9	27.6	24.8	23.7	80	22.0	0.5	3.2	6.8	7.2	3	2.2	8	2	SE	1003.7	1005.6	1001.0	1009.9	1011.8	1007.2	
14	34.4	24.8	28.9	25.3	24.0	76	22.5	0.0	5.1	7.1	8.4	3	3.2	7	2	E	1003.2	1005.3	1000.0	1009.4	1011.5	1006.2	
15	34.7	23.8	28.9	24.7	23.1	72	21.2	0.0	5.9	6.8	9.2	2	3.8	7	2	E	1002.7	1004.2	999.0	1008.9	1010.4	1006.1	
16	33.1	24.9	28.3	24.7	23.3	75	21.5	0.0	4.3	5.6	5.3	2	3.0	8	2	E	1003.1	1004.8	1000.4	1009.3	1011.0	1006.6	
17	34.6	24.5	29.2	24.8	23.1	71	21.3	0.0	5.2	6.0	9.3	2	4.0	8	2	NE	1002.9	1005.0	999.6	1009.1	1011.2	1005.8	
18	34.5	25.0	28.5	25.3	24.2	79	22.7	1.5	4.2	7.1	7.5	3	3.4	7	2	E	1002.3	1004.2	1000.0	1008.5	1010.4	1006.2	
19	33.2	25.0	28.7	24.8	23.4	74	21.6	0.0	4.5	5.7	5.7	2	3.8	6	2	E	1002.9	1005.0	1001.3	1009.1	1011.2	1007.5	
20	33.3	25.0	28.8	24.8	23.3	73	21.5	0.0	4.5	6.7	7.1	2	3.5	9	2	E	1004.4	1006.2	1003.0	1010.6	1012.4	1009.2	
21	33.1	25.7	29.0	23.9	21.8	66	19.7	0.0	6.4	8.7	4.5	2	4.4	7	2	E	1005.4	1006.8	1003.8	1011.6	1013.0	1010.0	
22	34.6	23.8	28.9	23.7	21.6	67	19.4	0.0	8.6	9.3	10.2	1	4.1	11	2	E	1004.9	1006.6	1003.0	1011.1	1012.8	1009.2	
23	33.0	24.4	28.6	23.8	21.9	68	19.8	0.0	6.1	7.3	6.2	2	4.9	8	2	E	1004.5	1005.8	1002.0	1010.7	1012.0	1008.2	
24	35.0	25.2	29.2	24.8	23.1	71	21.2	0.0	8.1	10.5	8.4	2	5.2	10	2	E	1003.9	1005.5	1001.1	1010.1	1011.7	1007.3	
25	33.9	25.8	29.3	24.8	23.2	70	21.3	0.0	5.0	6.9	7.3	4	4.3	7	2	E	1003.6	1005.1	1001.6	1009.8	1011.3	1007.8	
26	33.7	26.2	29.7	24.7	22.8	67	20.8	0.0	6.4	9.5	9.2	3	5.4	10	2	E	1004.1	1006.3	1002.3	1010.3	1012.5	1008.5	
27	34.7	25.8	29.4	23.5	21.2	62	18.9	0.0	6.8	8.6	10.4	2	5.2	9	2	E	1004.6	1006.2	1002.2	1010.8	1012.4	1008.4	
28	34.8	26.2	29.1	24.7	23.0	71	21.1	0.3	4.2	6.2	8.3	2	3.8	8	2	E	1004.7	1006.6	1002.0	1010.9	1012.8	1008.2	
29	33.5	25.2	28.9	24.9	23.4	73	21.1	0.0	4.3	5.9	5.2	3	4.1	7	2	E	1004.9	1006.0	1002.6	1011.1	1012.2	1008.8	
30	34.6	25.0	29.5	23.7	21.2	63	19.1	0.0	8.1	11.3	8.1	2	6.2	12	2	E	1005.1	1007.0	1002.4	1011.3	1013.2	1008.6	
31																							
SUMA	1005.6	740.2	852.6	736.7	692.8	2230.0	636.8	335.3	143.2	195.5	200.7	81.0	99.5	214.0	60.0	E26	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
MEDIA	33.5	24.7	28.4	24.6	23.1	74.3	21.2	11.2	4.8	6.7	6.7	2.7	3.3	7.1	2.0	-	1003.8	1005.6	1001.2	1010.0	1011.8	1007.5	
MAX	36.5	26.2	30.5	25.3	24.2	88.0	22.7	161.0	8.6	11.3	10.5	4.0	6.2	12.0	2.0	-	1005.4	1007.0	1003.8	1011.6	1013.2	1010.0	
MIN	27.5	23.3	25.8	23.5	21.2	62.0	18.9	0.0	1.7	2.7	0.0	1.0	1.3	3.0	2.0	-	1002.0	1004.0	998.6	1008.2	1010.2	1004.7	
>=0.5	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
DIA MAX/MIN	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCI <td>Relat.T. Vapor</td> <td>17.0</td> <td>PICHÉ</td> <td>TANQUE</td> <td>INSOL</td> <td>Nh</td> <td>MAX</td> <td>MED.</td> <td>MIN.</td> <td>DD_PP</td> <td>Med-mb</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>	Relat.T. Vapor	17.0	PICHÉ	TANQUE	INSOL	Nh	MAX	MED.	MIN.	DD_PP	Med-mb							

Tabla A-11. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua
Correspondiente al Mes de Julio.

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
I.N.E.T.I.E.R.
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD T/R

ESTACION A. C. SANDINO.		TEMPERATURA °C										HUMEDAD				EVAPORACIÓN				INNO		VIENTO (m/seg.)				PRECION				Presion A Nivel del Mar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		DIA		MAX		MIN		MED.		TH		P-ROCIO		H. Relat.		T. Vapor		Precipitac		Piché		Tanque		Horas y Decim.		Nubes bajas		MED.				MAX		MIN		DD.PP		Med-mb		Min-mb		Med-mb																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
				MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN			MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN

Tabla A-12. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua
Correspondiente al Mes de Agosto.

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
I.N.E.T.E.R.
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD T/R
TABLAS CLIMÁTICAS DE RESUMEN MENSUAL.

MES DE AGOSTO DE 2015																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
ESTACION A.C. SANDINO.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
TEMPERATURA °C										EVAPORACIÓN				VIENTO (m/seg.)		PRECISION																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
DIA		MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapoi	Precipitac.	Piché (mm)	Tanque (ml)	Horas y Decim.	Nubes bajas	Nh	MED. MAX. MIN.		Presion A Nivel de la Estación		Presion A Nivel del Mar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	SUMA	MEDIA	MAX	MIN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		34,4	24,4	27,9	24,0	22,7	77	20,7	12,2	4,6	6,3	6,4	3	3,4	10	2	SE	1004,2	1005,6	1002,4	1010,4	1018	1008,6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		</

Tabla A-13. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua
Correspondiente al Mes de Septiembre.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
IN.E.T.E.R.

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD T/R
TABLAS CLIMÁTICAS DE RESUMEN MENSUAL.

MES DE SEPTIEMBRE DE 2015

ESTACION A. C. SANDINO.

ESTACION METEOROLÓGICA																										
DÍA	TEMPERATURA °C										HUMEDAD			EVAPORACIÓN			INSO	Nº Nubes	VIENTO (m/seg.)				PRECION			
	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIÓ	H. Relat.	T. Vapor	Precipitad (mm)	Piché (mm)	Tanque (ml)	Horas y Decim.	bajas	MED.	MAX	MIN.	DD.PP			Presion A Nivel de la Estación		Presion A Nivel del Mar					
																			Med-mb	Max-mb	Med-mb	Max-mb				
1	35.7	25.2	28.0	24.7	23.6	78	21.8	0.0	4.4	7.0	8.3	3	3.0	10	2	SE	1005.0	1006.6	1002.4	1011.3	1012.8	1008.6				
2	33.6	24.6	27.8	24.0	22.6	75	20.6	1.4	5.3	7.8	7.7	3	3.5	7	2	E	1005.4	1006.8	1003.8	1011.6	1013.0	1010.0				
3	33.7	24.6	27.6	23.5	21.8	73	19.6	0.0	6.7	9.9	6.9	2	4.4	11	2	E	1004.4	1005.8	1003.2	1010.6	1012.1	1009.4				
4	34.8	23.4	27.7	23.9	22.5	76	20.4	8.5	5.3	7.3	8.5	3	3.1	9	2	E	1004.5	1006.3	1001.8	1010.7	1012.6	1008.0				
5	34.2	23.8	28.7	24.2	22.4	71	20.3	0.0	5.8	8.3	7.8	2	3.6	8	2	E	1004.8	1007.3	1001.6	1011.0	1013.5	1007.8				
6	33.5	24.6	28.6	24.0	22.1	69	20.0	0.0	5.9	4.1	4.7	2	3.8	9	2	E	1004.5	1006.6	1002.3	1010.7	1012.8	1008.5				
7	32.9	24.4	28.5	24.1	22.4	70	20.3	0.4	5.1	8.4	8.3	2	3.4	7	2	E	1004.3	1006.0	1002.0	1010.5	1012.2	1008.2				
8	35.7	24.5	28.5	24.1	22.4	72	20.4	0.0	5.5	7.3	8.5	2	3.7	10	2	E	1003.4	1005.0	1001.4	1009.6	1011.2	1007.6				
9	34.3	24.4	27.1	24.3	23.2	81	21.4	14.0	2.9	3.2	4.8	2	2.3	11	2	E	1003.2	1005.3	1001.4	1009.4	1011.5	1007.6				
10	32.2	23.6	26.7	24.1	23.1	82	21.2	0.0	2.7	3.7	2.5	2	2.5	7	2	SE	1004.4	1006.4	1001.5	1010.6	1012.7	1007.7				
11	34.3	24.2	28.7	24.5	22.9	73	20.9	0.0	5.6	9.1	9.8	2	3.5	6	2	SE	1004.6	1006.2	1001.9	1010.8	1012.5	1008.1				
12	34.9	24.8	28.3	24.6	23.3	76	21.5	0.0	3.6	6.0	7.9	3	2.2	12	2	E	1003.7	1005.6	999.6	1009.9	1011.8	1005.8				
13	34.0	25.2	29.0	25.2	23.9	75	22.2	0.0	5.0	7.1	8.5	2	3.3	6	2	E	1003.4	1005.3	1000.6	1009.6	1011.5	1006.8				
14	35.7	25.6	28.8	24.1	22.3	69	20.2	0.0	5.9	10.4	10.1	3	4.4	8	2	SE	1004.2	1005.9	1002.8	1010.4	1012.1	1009.0				
15	36.4	25.6	29.6	24.7	22.8	69	21.0	0.0	7.0	8.6	8.1	2	4.3	10	2	SE	1004.7	1006.7	1001.8	1010.9	1012.9	1008.0				
16	36.6	24.0	29.5	24.7	22.9	70	21.0	0.0	6.0	9.2	11.0	2	3.8	11	2	E	1004.6	1006.8	1002.0	1010.8	1013.0	1008.2				
17	35.3	25.2	29.9	24.6	23.5	66	20.5	0.0	8.0	11.1	10.4	1	3.7	7	2	E	1002.8	1004.8	999.6	1009.0	1011.0	1005.8				
18	33.3	25.3	28.4	25.3	24.1	79	22.6	71.4	3.7	4.3	3.4	3	2.4	6	2	E	1001.8	1003.4	999.1	1008.0	1009.6	1005.3				
19	33.2	23.4	27.7	24.6	23.5	79	21.7	0.0	3.4	X	5.3	3	2.0	5	2	SE	1002.7	1005.5	1000.4	1008.9	1011.8	1006.6				
20	34.8	25.2	29.3	25.0	23.5	73	21.7	0.0	5.4	8.2	9.9	2	2.9	6	2	SE	1002.8	1005.1	1000.2	1009.0	1011.3	1006.4				
21	35.0	24.6	28.6	24.6	23.2	74	21.3	0.0	4.4	7.5	9.0	3	2.5	6	2	SE	1002.1	1004.0	998.6	1008.3	1010.2	1004.8				
22	33.6	25.0	28.0	24.4	23.1	76	21.3	0.9	5.2	7.4	6.9	2	2.9	6	2	E	1001.9	1003.8	999.0	1008.1	1010.0	1005.2				
23	31.3	24.1	26.7	24.3	23.4	83	21.6	0.3	2.8	3.9	2.3	2	2.6	6	2	SE	1002.2	1004.3	999.9	1008.4	1010.5	1006.1				
24	30.3	23.5	27.1	24.1	23.0	79	21.1	1.5	3.4	3.8	0.2	3	2.1	4	2	SE	1002.9	1005.1	1000.8	1009.1	1011.4	1007.0				
25	32.2	24.9	27.8	25.0	23.9	80	22.3	0.0	3.1	4.8	4.3	3	2.1	5	2	SE	1002.7	1004.7	1000.0	1008.9	1010.9	1006.2				
26	33.7	24.3	28.9	24.6	23.0	72	21.1	17.9	5.7	8.2	10.5	2	2.8	6	2	SE	1002.3	1004.3	999.8	1008.5	1010.5	1006.0				
27	33.1	24.6	27.8	24.8	23.8	80	22.1	0.8	2.5	5.0	4.0	3	2.3	4	2	E	1002.5	1004.4	999.4	1008.7	1010.6	1005.6				
28	34.2	24.9	28.6	25.6	24.6	80	23.2	5.3	3.6	6.3	9.1	2	1.8	6	2	E	1001.9	1004.2	998.7	1008.1	1010.4	1004.9				
29	34.3	25.0	29.2	25.5	24.2	76	22.7	0.0	3.6	6.6	9.5	3	1.8	8	2	SE	1001.6	1004.4	998.6	1007.8	1010.6	1004.8				
30	34.4	25.6	29.4	25.4	24.0	74	22.5	6.5	4.5	5.8	10.6	2	2.3	4	2	SE	1002.0	1004.2	999.2	1008.2	1010.4	1005.4				
31											-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
SUMA	1021.2	738.1	850.5	736.5	695.0	2250.0	638.5	128.9	142.0	200.3	218.8	71.0	89.0	####	60.0	15SE1130101.3	30160.8	30023.4	30287.4	30347.4	30209.4					
MEDIA	34.0	24.6	28.4	24.6	23.2	75.0	21.3	4.3	4.7	6.9	7.3	2.4	3.0	7.4	2.0	-	1003.4	1005.4	1000.8	1009.6	1011.6	1007.0				
MAX	36.6	25.6	29.9	25.6	24.6	83.0	23.2	71.4	8.0	11.1	11.0	3.0	4.4	12.0	2.0	-	1005.4	1007.3	1003.8	1011.6	1013.5	1010.0				
MIN	30.3	23.4	26.7	23.5	21.8	66.0	19.6	0.0	2.5	3.2	0.2	1.0	1.8	4.0	2.0	-	1001.6	1003.4	998.6	1007.8	1009.6	1004.8				
>=0.5	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
DIA MAX/MIN	16	4	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIÓ	H. Relat.	T. Vapor	Piché	Tanque	INSOL	Nh	MED.	MAX	MIN.	DD.PP	Med-mb	-	-	-	-	-	-				

Tabla A-14. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua
Correspondiente al Mes de Octubre.

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
I.N.E.T.E.R.
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD T/R
TABLAS CLIMATICAS DE RESUMEN MENSUAL.

DIA	TEMPERATURA °C					HUMEDAD			EVAPORACIÓN			INSOL			VIENTO (m/seg.)			PRECIPION					
	MAX	MIN	MED	TH	P-ROCI	H. Relat.	T. Vapor	Precipitac.	Piche	Tanque	(mm)	Decim.	Nubes	Nh	MED.	MAX.	MIN.	DD, PP	Presion A Nivel de la Estació	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	34.7	25.1	28.8	25.4	24.2	78	22.7	5.7	3.2	7.3	10.2	3	2	3	2.0	4	2	W	1001.8	1003.8	998.2	1008.0	1010.0
2	31.3	24.2	27.1	24.4	23.5	81	21.7	0.0	2.1	4.6	6.1	2	1	2	1.3	5	2	SE	1001.2	1002.8	998.7	1007.4	1009.0
3	32.3	23.4	27.3	24.6	23.7	82	22.0	0.3	2.4	4.3	7.9	2	1	2	1.7	5	2	S	1001.5	1003.4	999.4	1007.7	1009.6
4	33.9	23.6	28.3	24.7	23.3	76	21.6	0.0	3.5	6.1	9.9	2	1	2	1.3	6	2	SE	1003.1	1005.3	1001.1	1009.4	1011.6
5	35.0	24.8	29.0	25.0	23.7	74	21.8	0.0	4.8	7.3	10.8	1	2	2	2.6	6	2	SE	1004.0	1005.9	1001.4	1010.2	1012.1
6	35.5	25.6	29.5	24.8	23.0	70	21.1	0.0	6.0	7.7	8.7	2	2	2	2.8	5	2	SE	1004.3	1006.0	1002.0	1010.5	1012.2
7	35.9	25.0	29.6	24.4	22.3	67	20.3	2.7	7.2	8.3	9.0	2	2	2	3.9	7	2	E	1004.0	1006.2	1000.8	1010.2	1012.4
8	34.2	24.4	28.5	24.4	22.8	73	20.8	0.0	5.7	8.0	8.7	2	2	2	3.3	7	2	SE	1003.6	1005.5	1001.0	1009.8	1011.8
9	34.9	24.8	27.8	24.2	22.8	76	20.9	0.9	4.5	7.3	8.0	3	3	3	3.6	10	2	E	1004.4	1006.3	1001.8	1010.6	1012.6
10	34.0	24.6	27.3	24.5	23.4	80	21.6	8.1	3.0	5.5	8.8	3	3	3	2.3	10	2	E	1004.5	1006.8	1001.8	1010.7	1013.0
11	34.1	24.0	27.4	24.2	23.0	79	21.2	0.3	4.4	6.3	7.7	2	2	2	3.0	8	2	SE	1003.9	1005.9	1001.3	1010.1	1012.1
12	33.6	24.0	27.5	24.1	22.8	77	20.9	1.3	4.2	6.0	8.9	2	2	2	2.8	7	2	SE	1004.0	1005.6	1000.6	1010.3	1011.9
13	33.6	23.6	28.2	24.8	23.6	78	21.9	3.8	4.2	6.4	9.8	3	3	3	1.8	5	2	SE	1003.4	1005.8	1000.0	1009.7	1012.1
14	32.7	24.6	27.2	24.5	23.5	81	21.8	8.0	2.8	3.5	2.7	4	4	4	1.5	7	2	E	1003.2	1005.8	1000.2	1009.4	1012.1
15	32.5	24.0	26.9	24.7	23.9	84	22.3	2.9	2.3	4.5	5.3	4	4	4	1.8	6	2	SE	1002.1	1004.0	999.1	1008.3	1010.2
16	31.9	24.0	26.8	24.6	23.8	85	22.2	11.1	2.2	3.9	3.4	3	3	3	2.3	4	2	E	1001.9	1004.2	998.7	1008.1	1010.4
17	31.1	24.0	27.2	24.4	23.4	81	21.6	0.2	2.1	3.6	3.7	3	3	3	1.7	4	2	E	1003.7	1005.5	1000.7	1009.9	1011.8
18	31.5	24.1	27.9	25.0	24.0	80	22.4	0.0	2.9	5.0	3.1	2	2	2	1.8	4	2	NW	1004.8	1006.8	1002.7	1011.0	1013.0
19	33.7	24.4	28.4	25.0	23.7	77	22.0	11.8	3.8	6.7	9.3	3	3	3	1.8	3	2	NW	1003.8	1005.6	1001.1	1010.0	1011.8
20	32.7	25.4	27.0	25.2	24.2	82	22.7	5.5	2.9	4.8	6.2	4	4	4	2.5	7	2	SE	1003.2	1004.7	1000.0	1009.4	1010.4
21	33.6	25.0	28.1	25.0	23.8	78	22.0	19.3	3.1	8.0	7.4	3	3	3	2.2	7	2	E	1004.0	1006.3	1000.7	1010.3	1012.6
22	33.7	24.0	28.6	25.2	23.9	77	22.3	0.2	5.6	8.5	10.5	2	2	2	2.6	6	2	E	1003.6	1005.5	1000.3	1009.8	1011.7
23	33.6	24.4	28.8	25.2	23.9	76	22.0	0.0	4.3	6.7	10.7	2	2	2	2.7	5	2	E	1003.0	1005.0	1000.0	1009.2	1011.2
24	33.6	25.0	28.1	24.7	23.5	77	21.7	0.0	3.3	5.5	7.4	2	2	2	2.6	6	2	E	1003.3	1005.9	1001.1	1009.5	1012.1
25	33.6	24.0	28.2	24.6	23.3	76	21.4	12.8	4.4	6.0	10.8	2	2	2	2.5	7	2	SE	1003.4	1006.2	999.9	1009.6	1012.4
26	33.1	24.2	28.2	24.8	23.5	77	21.8	0.0	4.4	6.4	10.3	2	2	2	2.0	4	2	SE	1004.0	1006.4	1001.3	1010.2	1012.6
27	33.3	24.0	28.1	24.7	23.4	77	21.6	4.0	4.1	6.2	10.4	3	3	3	2.9	6	2	SE	1004.3	1006.8	1001.1	1010.5	1013.0
28	33.3	24.2	28.1	25.1	24.0	80	22.4	0.0	3.3	6.0	9.8	2	2	2	1.6	4	2	SE	1005.2	1007.4	1003.0	1011.4	1013.7
29	33.7	24.7	28.7	24.8	23.3	75	21.5	0.0	3.7	5.0	10.5	3	3	3	5.5	5	2	SE	1004.6	1007.8	1002.2	1011.1	1014.0
30	34.0	24.8	28.0	25.0	23.9	80	22.3	0.0	3.6	7.2	9.3	2	2	2	2.6	7	2	SE	1004.8	1006.8	1002.4	1011.0	1013.0
31	33.5	24.4	28.1	24.7	23.5	78	21.8	6.9	4.1	7.5	10.6	2	2	2	2.6	10	2	E	1004.8	1006.4	1001.9	1011.0	1012.7
SUMA	33.5	24.4	28.1	24.7	23.5	78	21.8	105.8	118.1	190.1	255.9	77.0	75.6	62.0	75.6	62.0	62.0	SE16	31111.4	31176.4	31024.5	31306.3	31216.7
MEDIA	33.5	24.4	28.0	24.7	23.5	77.8	21.8	3.4	3.8	6.1	8.3	2.5	2.4	2.0	2.4	6.0	2.0	-	1003.6	1005.7	1000.8	1009.9	1011.9
MAX	35.9	25.6	29.6	25.4	24.2	85.0	22.7	19.3	7.2	8.5	10.8	4.0	5.5	10.0	5.5	10.0	2.0	-	1005.2	1007.8	1003.0	1012.3	1014.0
MIN	31.1	23.4	26.8	24.1	22.3	67.0	20.3	0.0	2.1	3.5	2.7	1.0	1.3	3.0	2.0	1.3	2.0	-	1001.2	1002.8	998.2	1007.4	1009.0
>=0.5	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIA MAX/MIN	7	3	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCI	H. Relat.	T. Vapor	12.0	Piche	Tanque	INSOL	Nh	MED.	MAX.	MIN.	DD, PP	Med-mb	-	-	-	-	-	-

Tabla A-15. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua
Correspondiente al Mes de Noviembre.

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

I.N.E.T.E.R.

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD T/R

TABLAS CLIMATICAS DE RESUMEN MENSUAL.

MES DE NOVIEMBRE 2015

ESTACIÓN A.C. SANDINO.

DÍA	TEMPERATURA °C					HUMEDAD		EVAPORACIÓN		INSO		VIENTO (m/seg.)		PRECION									
	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat. T. Vapor	Precipitad	Píche	Tanque	(mm)	(ml)	Decim.	Horas y Nubes	Presion A Nivel de la Estació		Presion A Nivel del Mar							
														Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb				
1	33.5	24.0	28.6	24.7	23.3	74	21.5	0.0	3.3	6.6	10.5	2	2	2.2	5	2	SE	1004.3	1006.2	1001.5	1010.5	1012.4	1007.7
2	33.9	24.0	28.8	25.2	23.9	76	22.2	0.0	3.7	6.1	9.5	2	2	2.4	5	2	SE	1003.8	1006.3	1000.6	1010.0	1012.5	1006.8
3	33.7	24.2	28.5	24.2	22.5	72	20.5	0.0	4.0	6.2	9.9	2	2	2.2	6	2	SE	1003.5	1006.3	1001.1	1009.7	1012.6	1007.3
4	33.4	22.8	28.0	24.2	22.9	75	21.0	0.0	3.9	5.1	10.8	2	2	1.6	5	2	E	1003.6	1006.0	999.9	1009.8	1012.3	1005.8
5	33.6	24.2	28.0	24.3	23.0	76	21.0	8.4	3.1	6.1	8.5	3	3	1.8	7	2	SE	1004.1	1007.1	1001.3	1010.3	1013.4	1007.5
6	33.1	23.8	27.6	24.4	23.3	78	21.4	0.0	2.9	6.7	6.8	3	3	2.2	5	2	E	1004.0	1006.4	1000.3	1009.8	1012.7	1006.5
7	33.0	23.9	27.9	24.2	22.7	75	20.8	0.0	3.8	6.4	8.0	2	2	2.7	6	2	E	1003.4	1005.9	1000.4	1009.7	1012.2	1006.6
8	33.5	23.5	28.0	24.3	22.9	76	21.0	0.0	3.8	5.4	10.3	2	2	2.3	5	2	SE	1003.7	1006.3	1001.3	1009.9	1012.6	1007.5
9	33.9	23.6	28.2	24.5	23.1	76	21.2	0.0	3.6	9.2	7.9	2	2	2.3	6	2	SE	1003.4	1006.2	999.9	1009.6	1012.4	1006.1
10	32.7	25.0	28.0	24.8	23.6	78	21.8	0.0	3.4	5.8	7.0	2	2	2.5	6	2	SE	1004.0	1006.2	1000.6	1010.2	1012.4	1006.8
11	32.9	24.2	26.9	24.0	22.8	80	20.9	6.4	2.3	5.6	6.9	2	2	2.5	7	2	E	1003.2	1005.1	1000.6	1009.4	1011.3	1006.8
12	32.3	23.2	27.4	24.0	22.8	77	20.8	0.0	3.1	5.6	8.1	1	1	2.6	5	2	SE	1002.6	1005.4	1000.0	1008.8	1011.7	1006.2
13	33.4	23.9	28.2	24.3	22.8	75	20.9	0.0	3.7	7.2	10.4	2	2	2.6	5	2	SE	1001.9	1004.2	999.5	1008.1	1010.4	1005.7
14	33.2	24.2	27.5	24.2	23.0	78	21.1	0.4	3.3	7.7	9.5	2	2	3.1	7	2	E	1002.4	1004.8	999.4	1008.6	1010.1	1005.6
15	33.7	23.3	27.5	23.9	22.6	76	20.6	0.0	4.2	5.6	9.3	2	2	3.3	5	2	E	1002.8	1004.7	999.9	1009.0	1010.9	1006.1
16	33.3	23.4	28.0	24.2	22.7	74	20.7	0.0	4.2	6.3	9.4	2	2	2.3	5	2	E	1001.4	1003.5	999.1	1007.6	1009.7	1005.3
17	33.5	23.3	28.6	24.5	23.0	73	21.1	0.0	4.0	5.7	8.6	2	2	1.8	4	2	E	999.9	1001.6	997.1	1006.1	1007.8	1003.3
18	34.0	24.5	28.1	24.8	23.5	21.8	10.6	2.7	5.7	6.2	4	1	4	1.2	5	2	SE	1001.0	1003.5	997.9	1007.2	1009.7	1004.1
19	33.6	24.0	27.8	25.1	24.2	82	22.5	18.0	2.4	5.6	8.3	3	3	1.5	4	2	N	1001.4	1004.2	998.3	1007.6	1010.4	1004.5
20	29.7	24.4	26.0	24.5	23.9	88	22.3	4.7	2.2	2.1	1.0	3	2	3.2	5	2	SE	1001.5	1003.5	999.5	1007.8	1009.7	1005.7
21	31.7	24.0	27.3	23.9	22.5	76	20.4	0.0	4.2	5.7	7.2	2	2	3.0	6	2	E	1001.8	1003.6	999.4	1008.0	1009.8	1005.6
22	31.7	23.4	27.1	23.9	22.6	76	20.7	0.0	3.6	5.0	4.6	2	2	3.2	7	2	SE	1002.3	1004.2	1000.4	1008.5	1010.4	1006.6
23	33.1	23.8	27.9	24.0	22.5	74	21.3	0.0	5.0	7.4	10.8	2	2	3.5	10	2	E	1003.4	1005.9	1000.6	1009.6	1012.2	1006.8
24	33.7	24.0	27.8	23.4	21.7	71	19.5	0.0	4.8	6.0	10.2	1	3	3.5	9	2	E	1003.9	1006.2	1000.7	1010.1	1012.5	1006.9
25	32.9	22.4	27.5	23.3	21.6	72	19.3	0.0	4.5	5.9	10.0	2	2	2.9	6	2	E	1003.7	1005.6	1000.8	1009.9	1011.9	1007.0
26	33.2	22.2	28.0	23.0	20.9	67	18.6	0.0	5.5	7.7	10.7	1	3	3.2	7	2	E	1004.3	1006.7	1002.2	1010.5	1012.9	1008.4
27	32.7	22.7	27.5	23.2	21.4	71	19.2	0.0	4.9	6.6	8.9	2	2	3.2	7	2	E	1003.9	1005.9	1001.8	1010.2	1012.1	1008.0
28	33.2	22.7	27.6	23.1	21.2	70	19.0	0.0	5.6	6.2	10.7	2	2	3.4	7	2	E	1003.7	1006.4	1001.3	1009.9	1012.6	1007.5
29	33.0	22.0	26.8	21.8	19.6	66	17.2	0.0	7.0	5.9	10.9	1	3	3.4	7	2	E	1002.9	1005.4	999.5	1009.1	1011.7	1005.7
30	33.3	20.6	27.0	22.0	19.8	67	17.4	0.0	7.4	8.8	10.9	1	2	2.8	6	4	E	1001.8	1003.6	998.8	1008.0	1009.8	1005.0
31																							
SUMA	992.4	705.2	832.1	719.9	676.3	2232.0	617.7	48.5	120.1	185.9	261.8	61.0	77.4	180.0	62.0	E17		30087.6	30156.9	30003.7	30273.5	30344.0	30189.4
MEDIA	33.1	23.5	27.7	24.0	22.5	74.4	20.6	1.6	4.0	6.2	8.7	2.0	2.6	6.0	2.1	-	1002.9	1005.2	1000.1	1009.1	1011.5	1006.3	
MAX	34.0	25.0	28.8	25.2	24.2	88.0	22.5	18.0	7.4	9.2	10.9	4.0	3.5	10.0	4.0	-	1004.3	1007.1	1002.2	1010.5	1013.4	1008.4	
MIN	29.7	20.6	26.0	21.8	19.6	63.0	17.2	0.0	2.2	2.1	1.0	1.0	1.2	4.0	2.0	-	999.9	1001.6	997.1	1006.1	1007.8	1003.3	
>=0.5	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DIA MAX/MIN	18	30	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat. T. Vapor	Píche	Tanque	INSOL	Nh	MED.	MAX	MIN	DD	PP	Med-mb							

Tabla A-16. Datos Meteorológicos de Departamento de Managua
Correspondiente al Mes de Diciembre.

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
I.N.E.T.E.R.
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD T/R
TABLAS CLIMÁTICAS DE RESUMEN MENSUAL.

ESTACION A.C. SANDINO.																							MES DE DICIEMBRE DE 2015									
TEMPERATURA °C										EVAPORACIÓN				INSO		VIENTO (m/seg.)				PRECION												
		TH		P-ROCIO		HUMEDAD		Precipitac	Piché	Tanque	Horas y Nubes		MED.		MAX		MIN		Med-mb		Max-mb											
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	(mm)	(mm)	(ml)	Decim.	bajas	Nh	MED.	MAX	MIN.	DD,PP	Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb										
1	33.1	22.0	27.3	22.3	20.2	67	17.9	0.0	5.7	7.8	10.9	1	2.3	5	2	E	1002.1	1004.6	1006.2	1008.3	1010.8	1006.2										
2	33.0	22.3	27.3	23.0	21.3	71	19.0	0.0	5.6	6.9	10.6	1	2.3	5	2	SE	1002.5	1004.3	1000.0	1008.7	1010.5	1006.2										
3	34.4	21.3	27.9	24.0	22.6	75	20.6	0.0	3.2	5.9	10.6	1	1.7	6	2	SE	1004.4	1006.8	1001.6	1010.7	1013.1	1007.8										
4	34.7	24.3	29.3	24.5	22.7	69	20.7	0.0	7.0	7.1	10.5	2	3.8	8	2	E	1005.3	1007.9	1003.4	1011.5	1014.1	1009.8										
5	31.7	24.7	27.7	23.7	22.2	73	20.1	0.0	5.5	5.8	6.6	3	3.8	8	2	E	1006.2	1008.0	1003.6	1012.5	1014.2	1009.8										
6	34.1	25.5	29.1	23.6	21.4	64	19.1	0.0	8.3	8.8	10.7	1	5.6	9	2	E	1004.7	1007.0	1001.6	1011.0	1013.2	1007.8										
7	33.7	24.2	28.3	23.1	21.0	66	18.7	0.0	7.3	7.3	9.8	2	4.0	6	2	E	1003.7	1005.6	1000.6	1009.9	1011.9	1006.8										
8	33.5	22.4	27.6	23.1	21.3	70	19.0	0.0	6.2	7.2	8.8	2	4.0	9	2	E	1004.0	1005.9	1001.3	1010.2	1012.5	1007.6										
9	34.5	22.8	28.2	23.0	20.8	67	18.5	0.0	6.7	8.3	10.6	2	3.4	6	2	E	1004.2	1006.3	1001.5	1010.4	1012.6	1007.6										
10	33.7	24.3	28.6	24.0	22.2	70	20.1	0.0	6.1	7.9	9.8	1	2.9	6	2	SE	1003.9	1005.6	1001.3	1010.1	1011.9	1007.5										
11	32.5	23.8	28.1	23.8	22.1	71	19.9	0.0	4.8	5.3	6.3	2	3.1	6	2	E	1003.3	1005.1	1001.0	1009.5	1011.3	1007.2										
12	34.2	23.7	28.4	24.0	22.3	71	20.2	0.0	6.9	6.8	8.7	2	3.8	7	2	E	1003.1	1004.8	1000.6	1009.3	1011.0	1006.8										
13	34.3	24.1	28.3	24.2	22.6	73	20.6	0.0	4.8	7.9	10.0	2	3.3	7	2	E	1003.3	1005.9	1001.0	1009.5	1012.1	1007.2										
14	33.9	23.6	28.5	24.0	22.2	71	20.1	0.0	5.0	7.2	10.6	1	2.8	5	2	SE	1002.6	1005.0	999.4	1008.8	1011.2	1005.6										
15	33.7	23.4	28.1	23.7	21.9	72	19.9	0.0	5.9	7.6	10.5	1	2.5	5	2	SE	1001.6	1003.4	999.2	1007.8	1009.6	1005.4										
16	34.3	23.0	28.0	23.6	21.9	71	19.7	0.0	5.8	7.2	10.3	1	2.4	4	2	SE	1001.5	1004.2	999.1	1007.7	1010.4	1005.3										
17	34.3	23.4	28.2	23.6	21.7	69	19.5	0.0	6.6	10.0	8.2	2	3.2	6	2	E	1001.5	1003.4	999.1	1007.7	1009.6	1005.3										
18	34.7	22.9	28.4	23.8	21.9	70	19.8	0.0	5.6	6.3	9.1	3	3.5	7	2	E	1003.5	1005.9	1000.4	1009.7	1012.1	1006.6										
19	33.7	24.3	28.7	23.7	21.8	67	19.6	0.0	6.4	6.6	8.2	3	4.4	9	2	E	1004.5	1007.0	1001.6	1010.7	1013.2	1007.8										
20	33.3	25.0	28.6	23.7	21.7	68	19.5	0.0	6.9	8.0	7.5	3	4.5	11	2	E	1004.9	1006.8	1002.6	1011.1	1013.0	1008.8										
21	33.9	24.2	28.5	23.1	20.9	66	18.5	0.0	6.7	7.5	10.2	2	4.2	8	2	E	1003.4	1005.5	1001.0	1009.6	1011.7	1007.2										
22	35.0	24.3	28.7	23.8	21.9	68	19.7	0.0	6.8	8.4	9.7	2	4.6	9	2	E	1001.9	1004.2	999.1	1008.1	1010.4	1005.3										
23	34.2	24.1	28.4	24.3	22.8	73	20.8	0.0	4.7	5.9	8.0	3	3.5	7	2	E	1001.9	1004.2	999.0	1008.1	1010.4	1005.2										
24	35.2	24.2	28.8	24.0	22.1	68	19.9	0.0	7.6	7.4	9.0	2	5.0	8	2	E	1003.0	1005.3	999.8	1009.2	1011.6	1006.0										
25	33.9	24.3	28.4	23.4	21.4	67	19.1	0.0	7.5	9.1	9.9	2	4.6	10	2	E	1003.4	1005.5	1000.6	1009.6	1011.7	1006.8										
26	34.6	24.0	28.9	23.3	21.0	64	18.7	0.0	8.4	9.8	10.3	2	5.3	10	4	E	1002.9	1005.4	1000.5	1009.1	1011.6	1006.7										
27	34.1	23.9	28.3	23.3	21.3	67	19.0	0.0	7.5	8.8	8.6	2	4.5	8	2	E	1001.5	1003.8	998.6	1007.7	1010.0	1004.8										
28	35.2	22.0	28.2	23.5	21.7	70	19.5	0.0	6.9	8.5	10.2	2	3.7	7	2	E	1001.8	1004.3	999.1	1008.0	1010.5	1005.3										
29	34.5	23.5	28.6	23.8	21.8	69	19.6	0.0	6.8	8.9	10.3	1	4.2	7	2	E	1003.9	1006.6	1001.1	1010.1	1012.9	1007.3										
30	35.5	24.0	29.2	23.9	21.8	67	19.6	0.0	7.7	9.0	9.8	2	5.3	11	2	E	1004.2	1006.6	1001.1	1010.4	1012.8	1007.3										
31	33.0	26.0	28.7	23.7	21.7	67	19.5	0.0	7.1	7.4	7.1	3	5.8	10	3	E	1003.6	1005.5	1001.5	1009.8	1011.7	1007.7										
SUMA	1054.4	735.5	879.3	732.5	674.2	2141.0	606.4	0.0	198.0	236.6	291.4	59.0	####	####	85.0	E25	31102.3	31170.4	31026.5	31294.8	31363.6	31212.6										
MEDIA	34.0	23.7	28.4	23.6	21.7	69.1	19.6	0.0	6.4	7.6	9.4	1.9	3.8	7.4	2.1	-	1003.3	1005.5	1000.9	1009.5	1011.7	1006.9										
MAX	35.5	26.0	29.3	24.5	22.8	75.0	20.8	0.0	8.4	10.0	10.9	3.0	5.8	11.0	4.0	-	1006.2	1008.0	1006.2	1012.5	1014.2	1009.8										
MIN	31.7	21.3	27.3	22.3	20.2	64.0	17.9	0.0	3.2	5.3	6.3	1.0	1.7	4.0	2.0	-	1001.5	1003.4	998.6	1007.7	1009.6	1004.8										
>=0.5	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
DIA MAX/MIN	30	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	31.0	Piché	Tanque	INSOL	Nh	MED.	MAX	MIN.	DD,PP	Med-mb	-	-	Med-mb	-	-										



CLEIN
COLOMBIA 2016 | RETO MUNDIAL

Colombia, 03 de Octubre de 2016

Eddy Bismarck Guevara Hernandez

Cordial saludo

La Asociación Latinoamericana de Estudiantes e Ingenieros Industriales y Afines ALEIIAF, celebra un congreso que se realiza todos los años en distintos países del continente. Este congreso recibe el nombre de CLEIN: Congreso Latinoamericano de Estudiantes e Ingenieros Industriales y afines.

El CLEIN es el evento de Estudiantes de Ingeniería Industrial más importante a nivel Latinoamericano, ya que reúne alrededor de 19 países y un aproximado de 1.000 participantes año con año. En esta ocasión, la sede que albergará la versión XXV del evento para el 2016 es Colombia, el cual se desarrollará del 31 de octubre al 5 de noviembre en la ciudad de Medellín.

De parte del comité organizador queremos manifestar que en el marco del concurso de póster del evento, el proyecto **“Diseño y construcción de un horno solar para el secado de madera dirigido a las pequeñas y medianas empresas del sector madera en Nicaragua”** fue aceptado para ser presentado durante la semana del evento. Adjunto les enviamos la retroalimentación del jurado calificador.

Agradecemos el interés en la participación de espacios que propendan por la formación integral de los estudiantes e ingenieros de América Latina y realicen estructuración y ejecución de proyectos, con el fin de generar soluciones a los retos que afronta la región.

Cordialmente,

Karla Blanco Castro
Coordinadora Académica CLEIN Colombia 2016: Reto Mundial
academico_clein@aneiap.co
(+57) 3002450654